

SISTEMA PLANTIO DIRETO E CONTROLE DE EROSÃO NO ESTADO DO ACRE



PAULO GUILHERME SALVADOR WADT
EDITOR TÉCNICO

Sistema Plantio Direto e Controle de Erosão no Estado do Acre

Errata

Sistema Plantio Direto e Controle da Erosão no Estado do Acre

Página:	Onde se lê:	Leia-se:
pág. 45, Fig. 1 (no canto inferior direito da figura)	Evaporação	Infiltração
pág. 70, Tabela 6 (linha "Cultivo em fileiras estreitas")	Fileiras retas Com	Fileiras retas
pág. 70, Tabela 6 (linha "Cultivo em fileiras estreitas")	curvas de nível	Com curvas de nível
pág. 86, Tabela 3 (quarta coluna)	1,9-36	19-36
pág. 86, Tabela 3 (quinta coluna)	30-102	39-102
pág. 86, Tabela 3 (oitava coluna)	0,3-07	0,3-0,7
pág. 93, Fig. 1 (no eixo das ordenadas)	Produção de grãos de milho ($t\ ha^{-1}$)	Produção de grãos de milho ($Mg\ ha^{-1}$)
pág. 93, Fig. 1 (no nível de 120-60 de NK e nível de 90 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5)	2,0	2,9
pág. 131, Tabela 4 (na coluna de "Recomendação", na linha "Após o 5º ano")	$kg\ t^{-1}$	$kg\ Mg^{-1}$

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Acre
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Sistema Plantio Direto e Controle de Erosão no Estado do Acre

Paulo Guilherme Salvador Wadt
Editor Técnico

Embrapa Acre
Rio Branco, AC
2007

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Acre

Rodovia BR 364, km 14, sentido Rio Branco/Porto Velho

Caixa Postal, 321

CEP 69908-970 Rio Branco, AC

Fone: (68) 3212-3200

Fax: (68) 3212-3284

<http://www.cpafac.embrapa.br>

sac@cpafac.embrapa.br

Supervisão editorial: *Claudia Carvalho Sena / Suely Moreira de Melo*

Revisão de texto: *Claudia Carvalho Sena / Suely Moreira de Melo*

Normalização bibliográfica: *Luiza de Marillac P. Braga Gonçalves*

Editoração eletrônica: *Davi Lima de Moura*

Foto da capa: *Paulo Guilherme Salvador Wadt*

Tratamento de ilustrações: *Davi Lima de Moura*

Colaboradora da nomenclatura de tabelas e figuras: *Lucélia Filgueira de Souza*

1ª edição

1ª impressão (2007): 500 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Acre

W124s Wadt, Paulo Guilherme Salvador (Ed.)
 Sistema plantio direto e controle de erosão no Estado do
 Acre / editado Paulo Guilherme Salvador Wadt. Rio Branco,
 AC: Embrapa Acre, 2007.
 137 p. il. color.

 ISBN: 978-85-99190-03-6

 1. Plantio direto – Acre. 2. Solo – Acre. 3. Erosão – Acre.
 4. Capoeira. 5. Queimada. 6. Integração lavoura-pecuária.
 I. Título.

CDD 21. ed. 631.58

© Embrapa 2007

Autores

Alberto Carlos de Campos Bernardi

Eng. agrôn., D.Sc., Embrapa Pecuária Sudeste,
Rod. Washington Luiz, km 234, Faz. Canchim, Caixa
Postal 339, CEP: 13560-970, São Carlos, SP,
alberto@cnpse.embrapa.br

Ari Pinheiro Camarão

Eng. agrôn., D.Sc., Embrapa Amazônia Oriental,
Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/nº, Bairro do Marco, Caixa
Postal 48, CEP: 66095-100, Belém, PA,
camarao@cpatu.embrapa.br

Beáta Eموke Madari

Eng. agrôn., Ph.D., Embrapa Arroz e Feijão,
Rodovia GO-462, km 12, Caixa Postal 179, CEP:
75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO,
madari@cnpaf.embrapa.br

Cláudio José Reis de Carvalho

Eng. agrôn., D.Sc., Embrapa Amazônia Oriental,
Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/nº, Bairro do Marco, Caixa
Postal 48, CEP: 66095-100, Belém, PA,
carvalho@cpatu.embrapa.br

Lucélia Filgueira de Souza

Estudante de Agronomia da Universidade Federal do
Acre, Bolsista Pibic/CNPq/Embrapa/Ufac, Rodovia BR
364, km 14, Caixa Postal 321, CEP: 69908-970, Rio
Branco, AC, lucelia@dris.com.br

Marcos Gervasio Pereira

Eng. agrôn., D.Sc., Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro, Rodovia BR 465, km 7, CEP: 23890-000,
Rio de Janeiro, RJ, gervasio@ufrj.br

Maria do Socorro de Andrade Kato (in memoriam)

Eng. agrôn., D.Sc., Embrapa Amazônia Oriental,
Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/nº, Bairro do Marco, Caixa Postal
48, CEP: 66095-100, Belém, PA

Osvaldo Ryohei Kato

Eng. agrôn., D.Sc., Embrapa Amazônia Oriental,
Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/nº, Bairro do Marco, Caixa Postal
48, CEP: 66095-100, Belém, PA, okato@cpatu.embrapa.br

Paulo Guilherme Salvador Wadt

Eng. agrôn., D.Sc., Embrapa Acre, Rodovia BR 364, km 14,
Caixa Postal 321, CEP: 69908-970, Rio Branco, AC,
paulo@cpafac.embrapa.br

Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado

Eng. agrôn., Ph.D., Embrapa Arroz e Feijão,
Rodovia GO-462, km 12, Caixa Postal 179, CEP: 75375-000,
Santo Antônio de Goiás, GO, pmachado@cnpaf.embrapa.br

Ricardo de Oliveira Figueiredo

Eng. agrôn., D.Sc., Embrapa Amazônia Oriental,
Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/nº, Bairro do Marco, Caixa Postal
48, CEP: 66095-100, Belém, PA, ricardo@cpatu.embrapa.br

Tatiana Deane de Abreu Sá

Eng. agrôn., D.Sc., Embrapa Sede, Parque Estação Biológica
– PqEB s/nº, Caixa Postal 040315, CEP: 70770-901, Brasília,
DF, tatiana.sa@embrapa.br

Revisores

Alberto Carlos de Campos Bernardi (Capítulos 1 e 2)
Eng. agrôn., D.Sc., Pesquisador, Embrapa Pecuária
Sudeste

Lúcia Helena da Cunha Anjos (Capítulo 1)
Eng. agrôn., Ph.D., Professora, Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro

Marcos Gervasio Pereira (Capítulos 2 e 3)
Eng. agrôn., D.Sc., Professor, Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro

Paulo Guilherme Salvador Wadt (Capítulo 3)
Eng. agrôn., D.Sc., Pesquisador, Embrapa Acre

Dedicatória

A Maria do Socorro de Andrade Kato *in memoriam*, pelo reconhecimento de seu trabalho em prol do desenvolvimento da agricultura na Amazônia.

Agradecimentos

Os agradecimentos são dedicados aos autores que aceitaram a empreitada para a realização deste livro, em especial a Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado, Osvaldo Ryohei Kato e Maria do Socorro de Andrade Kato, os quais contribuíram firmemente para a realização desta obra.

Apresentação

O controle da erosão hídrica requer o planejamento para o manejo e conservação do solo e da água, no nível global da propriedade ou da bacia hidrográfica, onde os problemas sejam entendidos em toda a sua extensão.

Neste sentido, esta obra dedica-se a apresentar as principais práticas agrícolas de conservação do solo e da água para o Estado do Acre, reunindo especialistas de quatro centros de pesquisa da Embrapa e da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, com o propósito de apresentar as recomendações atuais para o manejo conservacionista do solo, com ênfase especial no sistema de plantio direto.

Espera-se, ainda, contribuir para a formação de profissionais da área de ciências agrárias, como também subsidiar os serviços de extensão rural no desenvolvimento de políticas ambientais voltadas à conservação dos recursos naturais da Amazônia, onde solo e água destacam-se pela sua importância para a sustentação da biodiversidade da região.

Marcus Vinicio Neves d'Oliveira
Chefe-Geral da Embrapa Acre

Prefácio

Esta obra foi idealizada como forma de subsidiar o manejo integrado de microbacias no Estado do Acre, buscando conciliar as necessidades de preservação dos recursos hídricos, conservação de solos e produção agropecuária.

A obra foi dividida em três capítulos. O primeiro capítulo trata das causas e processos relacionados à erosão hídrica, reunindo informações sobre perdas de solo no Estado e em outras regiões no Brasil. Aborda também todo o conjunto de práticas edáficas, vegetativas e mecânicas que podem ser utilizadas para o controle da erosão hídrica. Os outros dois capítulos tratam do potencial do plantio direto para o Estado do Acre, sob dois cenários possíveis: conversão de áreas de pastagens em áreas agrícolas por meio da integração lavoura-pecuária e do sistema de plantio direto na palha; e reincorporação de áreas de capoeiras em áreas agrícolas por meio do corte, trituração e plantio direto na capoeira triturada.

A introdução do sistema de plantio direto no Estado depende, entretanto, de políticas públicas de desenvolvimento agrícola atuantes que concorram para:

- a) Promover a atuação da extensão rural em atividades conservacionistas em nível de microbacias, evitando-se os trabalhos conservacionistas isolados em propriedades rurais.
- b) Realizar trabalhos educativos e de treinamento, como cursos para tratoristas, agricultores e técnicos.
- c) Promover a realização de cursos de atualização em solos, com ênfase nas propriedades dos solos locais e na aptidão agrícola das terras.

- d) Promover o financiamento para as práticas agrícolas conservacionistas, com subsídios e em longo prazo.
- e) Promover a integração das técnicas conservacionistas em nível de microbacias hidrográficas, com planejamento adequado de estradas, ramais e da readequação do uso do solo conforme sua aptidão agrícola.
- f) Criar políticas de incentivo ao plantio direto em áreas de produção agrícola.

Neste sentido, esta obra tem como pretensão principal servir de instrumento para a capacitação de agentes da extensão rural e de políticas públicas agropecuárias, como também contribuir para sensibilizar estudantes e profissionais da área de ciências agrárias para a importância do controle da erosão hídrica no desenvolvimento de uma agricultura sustentável.

Paulo Guilherme Salvador Wadt
Editor Técnico

Sumário

Capítulo 1

Práticas para o Controle da Erosão Hídrica	19
Introdução	21
Perdas de Solo e Água	24
Práticas de Controle	26
Práticas de Caráter Edáfico e Vegetativo	27
Práticas de Caráter Mecânico	42
Conclusões	71
Referências	74

Capítulo 2

Plantio Direto na Capoeira: Uma Alternativa com Base no Manejo de Recursos Naturais.....	79
Introdução	81
Localização da Área de Estudo.....	83
Caracterização da Vegetação Secundária do Nordeste Paraense.....	84
O Sistema de Derruba e Queima na Região Bragantina, Pará	86
Alternativas ao Uso do Fogo e Redução do Período de Pousio no Sistema de Derruba e Queima.....	88
Aspectos Promissores do Sistema Alternativo sem o Uso do Fogo	95
Conclusão.....	101
Referências.....	102

Capítulo 3

Recomendações para a Introdução do Sistema de Plantio Direto em Áreas de Pastagem	113
Introdução	115
Controle da Erosão	119
Passo-a-Passo na Adoção do Plantio Direto	121
Referências.....	133

Capítulo 1

Práticas para o Controle da Erosão Hídrica

Paulo Guilherme Salvador Wadt
Marcos Gervasio Pereira
Lucélia Filgueira de Souza

Introdução

A erosão consiste no processo de desprendimento e arraste das partículas do solo, ocasionado pela ação da água ou do vento, sendo a principal causa de degradação das terras agrícolas (Pruski, 2006d). Tendo em vista que para as condições climáticas do Estado do Acre, a erosão eólica causada pelo vento é irrisória, será enfatizada neste trabalho apenas a erosão hídrica.

A erosão hídrica é um processo natural relacionado à formação do relevo e dos solos, cuja intensidade pode ser aumentada a ponto de causar degradação ambiental, principalmente em função do uso agrícola com práticas inadequadas (Lombardi Neto et al., 1989).

O processo erosivo compreende três etapas distintas (Pruski, 2006a) que ocorrem na seguinte seqüência: ruptura dos agregados, transporte de partículas e deposição dos sedimentos. Os processos de ruptura dos agregados e de transporte são mais extensos nas áreas agrícolas intensamente mecanizadas.

A desagregação compreende o processo de redução do tamanho dos agregados, ou seja, a individualização das partículas agregadas do solo. É causada principalmente pelo impacto direto das gotas de chuva na superfície.

As partículas desagregadas salpicam com as gotículas de chuva e retornam à superfície selando a porosidade superficial, o que reduz num segundo momento a infiltração de água. À medida que aumenta a intensidade da chuva e esta passa a ser maior que a taxa de infiltração, começa também a haver acúmulo de água sobre a superfície do solo,

iniciando-se a segunda fase do processo, que é o transporte das partículas (escoamento superficial).

O transporte pode ocorrer mesmo não havendo a ruptura dos agregados, basta que a energia da enxurrada seja suficientemente alta para promover o arraste das partículas de solo. Finalmente, a deposição ocorre nas áreas de sedimentação e nos leitos dos rios.

Como resultante destes processos têm-se perdas de água e solos nas bacias hidrográficas, causando impactos negativos nos sistemas produtivos, pela degradação do solo, e no meio ambiente, pelo assoreamento de rios e desabastecimento dos mananciais hídricos.

A Amazônia Brasileira, à parte das grandes questões envolvendo a necessidade da preservação de seus recursos naturais, constitui atualmente a maior fronteira agrícola do planeta, onde milhares de hectares de floresta são anualmente convertidos para o uso agropecuário. Assim, a preocupação com a degradação dos solos deve ser prioritária nos vários níveis de decisão sobre o uso da terra desta região.

A erosão, entretanto, não é uniforme em todos os ambientes. A susceptibilidade natural dos solos à erosão é decorrente da interação entre as condições de clima, forma do terreno e classe de solo, portanto varia de intensidade na paisagem, nos vários ambientes e com a cobertura do solo.

Assim, na Região Norte do Brasil, os solos com menor susceptibilidade à erosão se localizam nas várzeas do Rio Amazonas e seus afluentes, onde ocorrem os Gleissolos e

Neossolos, bem como nos baixos platôs, onde ocorrem solos de textura argilosa ou muito argilosa, muito profundos, porosos, e geralmente em relevo plano, como os Latossolos Amarelos e Vermelho-Amarelos. No total destes dois ambientes, estes solos de baixa susceptibilidade à erosão representam aproximadamente 46% das terras dessa região do Brasil (Cochrane et al., 1985).

Em aproximadamente 36% da região, ocorrem solos com susceptibilidade à erosão variando de alta a muito alta, normalmente em relevos mais dissecados. Nesta feição verifica-se a ocorrência de Argissolos, Luvisolos, Cambissolos, Plintossolos e Vertissolos (Araújo et al., 2005).

No Estado do Acre a ocupação humana está ocorrendo em áreas de solos que apresentam uma grande variabilidade quanto à susceptibilidade à erosão.

Na região leste do Estado predominam Latossolos e Argissolos, com susceptibilidade à erosão que varia de baixa a média. Nas demais regiões, ocorrem Luvisolos, Cambissolos, Plintossolos e Vertissolos (Araújo et al., 2005; Acre, 2000a, b), que possuem susceptibilidade entre alta a muito alta. Esta diversidade de cenários exige que o planejamento conservacionista considere as diferentes formas de uso da terra de maneira distinta e, em todos os casos, identifique áreas prioritárias de interferência com base na fragilidade do sistema ou nos riscos ambientais (Montolar-Sparovek et al., 1999; Wadt et al., 2004).

O objetivo deste capítulo é discutir alguns resultados relevantes sobre perdas de solo e de água e orientar na adoção de práticas e processos para o controle da erosão

hídrica que possam vir a ser utilizados nesta região da Amazônia, com maior ênfase nas práticas mecânicas.

Perdas de Solo e Água

Predomina no Estado do Acre uma das maiores proporções de terras com elevado grau de susceptibilidade à erosão. Apesar desta fragilidade aos processos erosivos, a pesquisa agropecuária ainda é incipiente nesta região e a grande maioria dos produtores rurais ignora os riscos de erosão ou, quando muito, apesar de ter consciência destes riscos, não adota medidas conservacionistas na agricultura.

A vulnerabilidade dos solos no Estado do Acre à erosão hídrica está associada às condições de drenagem deficiente, devido à presença de argilas de alta atividade, e à elevada precipitação, a qual varia de 1.800 (região sudeste do Estado) a 2.400 mm ano⁻¹ (região noroeste do Estado). A susceptibilidade à erosão é particularmente preocupante nos solos imperfeitamente ou mal drenados, onde as perdas são fortes mesmo sobre a cobertura florestal original da floresta amazônica.

Em um estudo conduzido no Município de Rio Branco, em Argissolo Vermelho-Escuro, em relevo suave ondulado com 6% de declividade, verificou-se em área experimental mantida descoberta (sempre limpa por meio de capinas manuais), sob cultivo com arroz em sistema de manejo convencional, uma perda de solo de 170 Mg ha⁻¹ e de água de 11.680 m³ ha⁻¹ (Cordeiro et al., 1996). Estas perdas são extremamente altas e comprometem a capacidade produtiva dos solos. Os autores destacam, contudo, que práticas de fácil emprego, como a manutenção da cobertura do solo, podem reduzir as perdas de solo e água em 72% e 42%, respectivamente.

Algumas vezes, em condições específicas, mesmo em sistemas reconhecidamente conservacionistas, como os agroflorestais, as perdas de solo podem ser relevantes. Estudos realizados em um Latossolo Amarelo, em Manaus, demonstram que a erosão no período de formação dos sistemas agroflorestais (SAFs) é intensa e pode representar perdas de solo acima dos limites tolerados. Durante a formação dos SAFs (combinação de seringueira, dendezeiro e guaranazeiro), a manutenção do solo descoberto favoreceu sua maior exposição ao contato direto com as chuvas, em comparação a formas de manejo nas quais houve maior proteção do solo por meio do emprego de leguminosas ou do cultivo de plantas anuais (Leite; Medina, 1985). Isto indica que mesmo os sistemas arbóreos, quando na fase de implantação, são altamente erosivos em determinados tipos de solos e que as práticas adotadas na implantação das lavouras afetam as perdas de solo e água e, por conseguinte, dos nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas.

Comparativamente com outras regiões, as perdas de solo no Estado do Acre constatadas por Cordeiro et al. (1996), de até 170 Mg ha^{-1} , são muito elevadas. Por exemplo, no Estado do Paraná, as perdas máximas de solo em cafeeiro, em um Latossolo Vermelho-Escuro Distroférrico, foram da ordem de 68 Mg ha^{-1} , acumuladas durante um período de 62 meses desde a formação da lavoura cafeeira (Rufino et al., 1985).

Em outro trabalho com estimativa da erosão em cafeeiros em um Argissolo Vermelho-Amarelo, as perdas de solo foram de apenas $2,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ nos primeiros 5 anos da cultura, sendo reduzidas para menos que $0,1 \text{ Mg ha}^{-1}$ após a formação da lavoura (Prochnow et al., 2005).

É importante frisar que as práticas agrícolas afetam as perdas de solos, as quais decrescem com a adoção de práticas agrícolas comuns, como arruação, esparramação e o próprio crescimento da lavoura que proporciona maior cobertura do solo (Rufino et al., 1985). Prochnow et al. (2005) observaram em lavouras cafeeiras que a maior densidade de plantio contribuiu também para reduzir a erosão, embora, um maior número de covas provoque maior revolvimento do solo, acentuando a erosão.

Os sistemas de plantio e de preparo do solo são os principais fatores determinantes na perda em áreas agrícolas. Trabalho realizado em um Cambissolo Húmico em Santa Catarina, em sistema de preparo do solo consistindo de uma aração e duas gradagens, após 9 anos sem cultivo, resultou em 23 Mg ha⁻¹ de perda de solo, sendo reduzida para 1 Mg ha⁻¹ apenas com a adoção de rotação de cultura, mantendo-se o mesmo sistema de preparo do solo (Guadagnin et al., 2005). A diminuição foi explicada pelo efeito benéfico da atividade radicular sobre a estruturação do solo e a formação de agregados com maior resistência à erosão. Com a adoção do sistema de rotação com semeadura direta, as perdas foram menores que 0,2 Mg ha⁻¹, significando uma redução de 99%. As perdas de água não são afetadas na mesma proporção, sendo normalmente pouco influenciadas pelo sistema de cultivo e de semeadura (Guadagnin et al., 2005).

Práticas de Controle

Pelos motivos expostos, o controle de erosão deve ser visto como um sistema integrado no qual em função de particularidades como clima, solo, estrutura fundiária,

recursos tecnológicos e econômicos, determinado conjunto de técnicas devem ser adotadas com o objetivo de diminuir a erosão (Wadt et al., 2004).

A conservação do solo e da água não deve ser vista como uma prática de uso casual, mas sim como parte do próprio sistema de produção agrícola, sendo feito o controle da erosão de forma integrada e concentrado em três pontos básicos (Vieira, 1989):

- a) Aumento da cobertura vegetal do solo para reduzir a energia do impacto das gotas de chuva.
- b) Aumento da infiltração da água no perfil para reduzir ao máximo o volume de enxurrada e sua frequência.
- c) Controle do escoamento superficial.

Os próximos tópicos farão uma abordagem das práticas agrícolas para o controle da erosão dentro destes princípios. Elas se agrupam em práticas de caráter edáfico, práticas de caráter vegetativo e práticas mecânicas (Pruski, 2006b).

Práticas de Caráter Edáfico e Vegetativo

Conceitualmente, a conservação do solo e da água baseia-se em assegurar a esta o maior nível energético possível no sistema hidrológico, de forma a garantir sua infiltração no solo nas posições mais elevadas da encosta (Pruski, 2006b). Dessa forma assegura-se a manutenção da água com maior potencial e, conseqüentemente, retarda-se sua chegada aos cursos de água. A retenção da água nas cotas mais elevadas do terreno contribui para aumentar sua disponibilidade nos períodos mais secos do ano e para diminuir o escoamento superficial.

Neste sentido, o processo erosivo deve ser minimizado com o uso integrado de técnicas que consideram o ambiente como um todo.

A melhoria da cobertura do solo e da infiltração de água no perfil são benefícios possíveis de serem obtidos pelo próprio aumento da produção vegetal, por meio da adoção de técnicas agrícolas adequadas como adubação e calagem, rotação de culturas, adubação verde, etc.

O controle do escoamento superficial é factível com a adoção de técnicas como plantio em nível, preparo adequado do solo, plantio direto e a construção de terraços, que serão tratadas neste capítulo.

Portanto, o controle da erosão requer um plano de uso, manejo e conservação em escala de propriedade ou de bacia hidrográfica, no qual os problemas sejam entendidos em toda a sua extensão e priorizados de acordo com seus impactos ambientais e benefícios econômicos potenciais (Wadt et al., 2004). Dependendo da situação, as práticas devem ser recomendadas sempre em integração com as demais medidas conservacionistas disponíveis.

A seguir, são descritas as principais práticas de caráter edáfico e vegetativo (Pruski, 2006b).

Práticas de Caráter Edáfico

Controle de Queimadas

A utilização do fogo para a limpeza das áreas agrícolas e das pastagens ainda é prática corriqueira, dada suas

vantagens imediatas como eliminação do trabalho de enterrio dos restos culturais e redução do potencial de inóculo de doenças e de pragas das plantas cultivadas. Constitui ainda a prática de limpeza de área de menor custo de capital, sendo acessível a produtores de qualquer nível tecnológico.

Entretanto, o uso do fogo para a limpeza das áreas resulta no empobrecimento paulatino do solo pela perda da fertilidade natural, do estoque de nutrientes e da matéria orgânica, como também pela perda da qualidade biológica do solo. Maiores detalhes sobre os problemas advindos do uso do fogo e as alternativas tecnológicas são descritos no capítulo 2.

Adubação Verde

Consiste na incorporação de plantas ou de restos de plantas forrageiras e ervas ao solo, sendo uma das formas relativamente baratas e acessíveis aos produtores.

Dentre as plantas cultivadas como adubo verde, destacam-se as leguminosas pela sua habilidade de fixar o nitrogênio, melhorando assim a disponibilidade deste nutriente aos cultivos agrícolas subseqüentes. Gomes e Moraes (1997) indicam algumas leguminosas para cultivo no Estado do Acre, sendo a mucuna-cinza (*Mucuna cochinchinensis*) e a flemíngia (*Flemingia congesta*) aquelas que se destacam em termos de produtividade de matéria seca (Tabela 1).

Tabela 1. Leguminosas para uso como adubo verde, necessidade de sementes por ha (NS) e produção esperada, em termos de quilos de matéria seca por ha.

Leguminosas		NS	Produção
Nome comum	Nome científico	kg ha ⁻¹	
Mucuna-cinza	<i>Mucuna cochinchinensis</i>	120	9.200
Mucuna-preta	<i>Mucuna aterrima</i>	80	5.900
Mucuna-rajada	<i>Mucuna deeringiana</i>	70	8.600
Calopogônio	<i>Calopogonium mucunoides</i>	3	5.700
Guandu	<i>Cajanus cajan</i>	15	6.000
Puerária	<i>Pueraria phaseoloides</i>	3	6.800
Desmódio	<i>Desmodium ovalifolium</i>	0,5	6.500
Flemíngia	<i>Flemingia congesta</i>	2	9.500
Tefrósia	<i>Tephrosia candida</i>	2,5	8.000

Fonte: Gomes e Moraes, 1997.

Além de contribuir para a adubação nitrogenada, as leguminosas também são importantes por apresentarem um sistema radicular bastante ramificado e profundo, conseguindo extrair nutrientes das camadas mais profundas do solo e os disponibilizando às culturas subseqüentes. Contribuem também com a cobertura do solo e para a manutenção da matéria orgânica, visto sua elevada produtividade de matéria seca (Tabela 1).

A adubação verde também contribui para a melhoria da fertilidade do solo, pode aumentar a capacidade de retenção de água e algumas espécies apresentam efeito supressor e/ou alelopático em plantas invasoras. Também favorece o aumento da atividade microbiana e da fauna do solo, dentre outros benefícios (redução da incidência de alguns nematóides fitopatogênicos, melhoria das condições térmicas do solo, etc.).

Em relação ao controle da erosão, a adubação verde favorece a maior cobertura do solo e a diminuição no escoamento superficial, atuando assim nos dois principais processos responsáveis pela perda de solo e água nas áreas agrícolas. Para o Estado do Acre, devido as suas condições climáticas, a adubação verde é particularmente importante. Resultados experimentais indicam que a utilização da mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) como adubo verde em um Argissolo Vermelho-Escuro pode reduzir a erosão em até 99,7%, diminuindo as perdas de solo de 10.000 para 30 kg ha⁻¹. No mesmo período, a adubação verde foi capaz de reter até 97% do total hídrico precipitado, que correspondeu a 819 mm em um período de cinco meses (janeiro a maio) (Gomes et al., 1990).

Adubação Química

Contribui indiretamente para o controle da erosão, na medida em que proporciona melhor desenvolvimento das culturas, e assim, aumenta a cobertura do solo e a adição de restos de cultura (quando não queimados ou retirados junto com a colheita do produto principal).

Para ser efetiva, a adubação deve atender de forma equilibrada as exigências nutricionais das culturas, bem como considerar a capacidade do solo em fornecer os nutrientes necessários, além de atender os critérios econômicos. Para o Estado do Acre, a adubação deve ser feita com base na recomendação de adubação sugerida pela Embrapa (Wadt, 2005).

Adubação Orgânica

Promove no solo diversas reações benéficas como aumento da atividade microbiana, retenção de cátions e ânions, melhora de sua estrutura e capacidade de retenção de água (Vale et al., 1995). Estas reações contribuem para a melhoria das condições do solo e, portanto, do desenvolvimento das culturas, resultando, indiretamente, na redução das perdas de solo e água.

A adubação orgânica deve ser balanceada com a adubação química para que produza os benefícios esperados. As recomendações de adubos orgânicos para o Estado do Acre podem ser consultadas em Bergo et al. (2005).

Calagem

A acidez excessiva do solo prejudica o desenvolvimento da maioria das culturas, reduzindo sua produtividade e, indiretamente, favorecendo a erosão, por diminuir o grau de cobertura do solo e, principalmente, o desenvolvimento do sistema radicular. Além disto, a acidez também prejudica a absorção de outros nutrientes pelas plantas.

No Estado do Acre ocorrem muitos solos com elevados teores de alumínio (alumínio trocável), embora, parte deste Al extraído apresente baixa fitotoxicidade para as plantas em geral. Gama e Kiehl (1999) observaram que teores de alumínio de até $14,5 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ solo, em um Argissolo Vermelho-Amarelo Alítico, não afetaram o desenvolvimento de plantas, não havendo também, neste ambiente, resposta à calagem. Os autores sugerem que o alumínio trocável não é um indicador adequado

para avaliar a acidez nestes solos. Por este motivo, a calagem deve ser feita considerando a elevação da saturação de bases (Wadt, 2002).

Práticas de Caráter Vegetativo

São aquelas que utilizam a vegetação para proteger o solo contra a ação direta da precipitação, minimizando assim o processo erosivo. Seu princípio baseia-se, portanto, na busca da manutenção da cobertura da superfície do solo.

Reserva Legal, Florestamento e Reflorestamento

Nas áreas de relevo acidentado ou com alto grau de susceptibilidade à erosão o uso do solo deve ser restrito a atividades florestais, principalmente para florestas naturais.

Assim, além da área já destinada à reserva legal e à preservação permanente, áreas com baixa aptidão agrícola devido à susceptibilidade à erosão não devem ser desmatadas e, caso já tenham sido, a única recomendação possível é o reflorestamento.

No Estado do Acre, a combinação de solos com argilas de alta atividade (Cambissolos, Luvisolos, Vertissolos, alguns Plintossolos), em local de relevo ondulado a forte ondulado, normalmente, resulta em unidades de paisagem com baixa aptidão agrícola. Nestas áreas, o uso mais adequado é a manutenção da cobertura florestal nativa ou, não sendo possível, o reflorestamento em pequena escala, junto à manutenção da cobertura nas áreas de preservação permanente.

Este uso da terra é o único capaz de garantir que a erosão ocorra em intensidade menor à taxa de formação do solo, possibilitando seu uso sustentável. Em muitas destas áreas onde há a combinação de relevo acidentado com solos rasos ou jovens, mesmo o plantio de pastagem não é recomendado. Por exemplo, na região de Manoel Urbano, Feijó e Tarauacá os solos sofrem ressecamento excessivo nas pastagens, o que associado à presença de argilas de alta atividade ocasiona grandes rachaduras que permitem a infiltração da água em taxas elevadas em determinados pontos da paisagem, provocando deslizamentos do terreno.

Pastagem

As pastagens constituem o principal uso agrícola dos solos no Estado do Acre e representam uma excelente proteção contra a erosão hídrica quando bem manejadas, pois permitem uma boa cobertura do solo durante todo o ano, principalmente nos períodos de maior precipitação. Entretanto, em muitas áreas do Estado, onde estão associados solos mal drenados com argilas de alta atividade e em relevo muito acidentado (ver tópico anterior), a utilização de pastagens não é recomendada.

Além disto, se as pastagens forem mal manejadas, seja devido ao superpastoreio, plantio de forrageiras não adaptadas às condições ambientais, como solos com deficiência de oxigênio ou de baixa fertilidade natural, ou mesmo uso do fogo para a limpeza da área, podem resultar na degradação das terras. Algumas recomendações para o manejo das pastagens no Estado do Acre podem ser encontradas em Andrade et al. (2002), Wadt et al. (2003, 2005) e Wadt (2005), incluindo manejo da

adubação e estratégias para recuperação de pastagens degradadas.

Integração Lavoura-Pecuária

Especial atenção deve ser dada também à integração lavoura-pecuária, que consiste em conciliar a pecuária bovina com a produção de grãos na mesma área. Este tipo de prática representa um importante avanço para a sustentabilidade da agropecuária na Amazônia, uma vez que permite a reincorporação ao sistema produtivo de milhares de hectares de pastagens abandonadas existentes em toda a região, diminuindo assim a pressão para o desmatamento de novas áreas.

A limitação deste sistema é que deve ser empregado apenas em áreas de melhor aptidão agrícola, pois, requer normalmente a mecanização da cultura anual para ser viável do ponto de vista econômico e, nestes casos, se a área apresentar alta vulnerabilidade aos processos erosivos ou graves impedimentos à mecanização, seu uso torna-se contra-indicado.

Assim, sendo a área adequada para lavouras anuais, são esperados os seguintes benefícios com a integração lavoura-pecuária:

- a) Possibilidade de renovação das pastagens a custos menores.
- b) Ressemeadura natural de algumas espécies forrageiras e antecipação do período de pastejo.
- c) Favorecimento da pastagem devido ao efeito residual da adubação utilizada nas lavouras.

Para o Estado do Acre, a recomendação é que o plantio em nível seja adotado em todas as áreas mecanizadas desde o momento da limpeza e destoca, fazendo-se o enleiramento dos tocos em nível e, assim, possibilitando que as operações de plantio e trabalhos de campo sejam realizados perpendicularmente ao declive do terreno.

Nas áreas não mecanizadas, seja para o cultivo de culturas anuais ou perenes, o plantio em nível deve ser feito obrigatoriamente com a adoção de práticas culturais, como cultivo em faixas, capinas alternadas, e todos os trabalhos de campo devem ser conduzidos sempre perpendicularmente ao declive do terreno. Nas áreas de Vertissolos, Cambissolos ou Luvisolos, que possuem aptidão para culturas perenes, deve-se também adotar o plantio em nível para a cultura principal, junto com o cultivo de leguminosas para adubação verde, também em nível.

Cultivo em Faixas

Consiste em dispor as culturas em faixas perpendiculares ao declive do terreno, de largura variável conforme o espaçamento da cultura, mas de modo que a cada ano se alternem em determinada área plantas de cobertura densa com outras que ofereçam menor proteção ao solo.

Esta prática requer plantio em contorno, adoção da rotação de culturas e cultivo de plantas de cobertura, além do planejamento para que as lavouras sigam uma seqüência predefinida de rotação. Deve-se ainda preferir plantas com diferenças quanto à capacidade de formação de palha, fornecimento de nitrogênio e que permitam uma combinação de culturas de raízes profundas e raízes fasciculadas.

Para o Estado do Acre, a recomendação é que o plantio em nível seja adotado em todas as áreas mecanizadas desde o momento da limpeza e destoca, fazendo-se o enleiramento dos tocos em nível e, assim, possibilitando que as operações de plantio e trabalhos de campo sejam realizados perpendicularmente ao declive do terreno.

Nas áreas não mecanizadas, seja para o cultivo de culturas anuais ou perenes, o plantio em nível deve ser feito obrigatoriamente com a adoção de práticas culturais, como cultivo em faixas, capinas alternadas, e todos os trabalhos de campo devem ser conduzidos sempre perpendicularmente ao declive do terreno. Nas áreas de Vertissolos, Cambissolos ou Luvisolos, que possuem aptidão para culturas perenes, deve-se também adotar o plantio em nível para a cultura principal, junto com o cultivo de leguminosas para adubação verde, também em nível.

Cultivo em Faixas

Consiste em dispor as culturas em faixas perpendiculares ao declive do terreno, de largura variável conforme o espaçamento da cultura, mas de modo que a cada ano se alternem em determinada área plantas de cobertura densa com outras que ofereçam menor proteção ao solo.

Esta prática requer plantio em contorno, adoção da rotação de culturas e cultivo de plantas de cobertura, além do planejamento para que as lavouras sigam uma seqüência predefinida de rotação. Deve-se ainda preferir plantas com diferenças quanto à capacidade de formação de palha, fornecimento de nitrogênio e que permitam uma combinação de culturas de raízes profundas e raízes fasciculadas.

Cordões de Vegetação Permanente, Barreiras Vivas ou Faixas de Retenção

Esta é uma variação do cultivo em faixas e uma das diferenças é que por constituir plantas perenes dispostas em contorno, com as quais se procura dividir o comprimento de rampa, não há a rotação das culturas em toda a área do terreno.

As plantas perenes devem ser escolhidas entre aquelas capazes de proporcionar grande densidade foliar e sistema radicular abundante, sendo uma prática que deve ser adotada preferencialmente em solos rasos e com presença de camada ou horizonte subsuperficial arenoso (alguns Luvisolos e Vertissolos, por exemplo).

As faixas de retenção são responsáveis pela redução da velocidade de escoamento superficial e, conseqüentemente, da capacidade de transporte de sedimentos. Com isto, formam-se, junto às faixas de retenção, pequenos diques naturais decorrentes da deposição e do acúmulo de sedimentos.

Caso as espécies cultivadas não tenham valor econômico, as faixas de retenção devem ser estreitas, de forma a não prejudicar a área disponível para o plantio das culturas comerciais. Entretanto, as faixas podem ser mais largas, para permitir a exploração de culturas comerciais.

O espaçamento entre as faixas deve ser menor que o recomendado para a construção dos terraços em nível ou desnível. De modo geral, pode-se recomendar que a distância entre as faixas seja de 75% daquela indicada para os terraços em nível.

Manejo de Plantas Daninhas

Uma das maneiras mais eficientes de controlar a erosão é substituir a capina (manual ou mecânica) pela ceifa de plantas daninhas, ou pelo uso de herbicida pós-emergência. A ceifa deve ser adotada sempre que possível, pois o emprego desta prática permite que o sistema radicular das plantas daninhas fique intacto, permanecendo sobre a superfície do solo com uma pequena vegetação protetora, constituindo principalmente o caule das plantas daninhas cortadas.

A frequência de ceifas normalmente é maior que o uso de capinas, portanto a ceifa mecânica pode ser conjugada com a utilização de herbicidas, para otimizar o uso de serviços na propriedade.

Dentre as vantagens associadas ao uso da ceifa pode ser citada a não mobilização do solo da camada superficial e a manutenção de parte da cobertura do solo, o que reduz o efeito de desagregação decorrente da energia cinética da chuva e a incidência direta da radiação solar sobre a superfície do solo, tornando, conseqüentemente, o processo de decomposição da matéria orgânica mais lento.

Alternância de Capinas

Esta prática consiste em fazer as capinas em faixas alternadas, deixando-se sempre uma ou duas faixas com cobertura vegetal logo abaixo daquelas recém-capinadas. A terra transportada pelo processo erosivo será retida pelas faixas com cobertura vegetal que ficam imediatamente abaixo e que promovem o retardamento

do escoamento superficial. Em cada faixa, o número de capinas deve ser o mesmo que no sistema usual, para não comprometer a produtividade da cultura comercial.

Esta prática pode controlar 30% a 40% das perdas de solo, entretanto, somente deve ser recomendada caso não seja possível a ceifa das plantas daninhas.

Cobertura Morta

A falta de cobertura do solo é responsável pelo aquecimento de sua superfície, acelerando a decomposição da matéria orgânica, reduzindo a atividade biológica e intensificando as perdas por erosão.

O uso da cobertura morta, com palha ou resíduos vegetais, protege o solo contra o impacto direto das gotas de chuva, diminui o escoamento superficial e incorpora mais matéria orgânica ao solo, o que aumenta sua resistência ao processo erosivo.

O uso da cobertura morta pode reduzir as perdas de solos e água, em média, em até 50%. O sistema de plantio direto na palha ou na capoeira é uma técnica que possibilita manter a cobertura morta sobre o solo, entretanto, seus benefícios para reduzir a erosão são ainda mais importantes, já que não há o revolvimento do solo.

Rotação de Culturas

Consiste em alternar, segundo uma seqüência planejada, o plantio de culturas de diferentes espécies em uma mesma área. A escolha das espécies vegetais

a ser cultivadas deve considerar as condições de solo, topografia, clima, disponibilidade de mão-de-obra e de implementos agrícolas, as características morfológicas das culturas e as condições do mercado para os produtos a serem colhidos. Podem-se incluir na rotação, preferencialmente, leguminosas e gramíneas, devido a sua capacidade de fixação de nitrogênio e produção de palha, respectivamente.

Esta prática é realizada com a finalidade de manter a produtividade do solo, visando utilizar culturas com diferenças nas exigências nutricionais e na morfologia do sistema radicular, entre outras características já citadas.

As vantagens de se adotar esta prática são: melhor controle de plantas daninhas, pragas e doenças; aumento do teor de matéria orgânica do solo; redução da erosão; melhor aproveitamento de máquinas agrícolas; aumento da produtividade e maior estabilidade da renda.

Manutenção da Cobertura do Solo

As “plantas de cobertura” mantêm o solo coberto durante o período chuvoso, a fim de reduzir os efeitos da erosão e conservar as condições físicas e químicas. Possibilitam boa proteção do solo, reduzindo o impacto direto das gotas de chuva e diminuindo o escoamento superficial. No caso de culturas anuais, as plantas de cobertura devem ser cultivadas imediatamente após a safra principal ou a safrinha, se esta última vier a ser adotada. Em culturas perenes, as plantas de cobertura devem ser cultivadas nas entrelinhas. Seu uso não é recomendado para a cultura comercial apenas no caso de a planta de cobertura ser hospedeira de pragas ou doenças.

Sistema de Plantio Direto

O sistema de plantio direto pode ser feito na palha ou na capoeira triturada. No primeiro caso, o cultivo é feito sobre os restos culturais do plantio anterior e, no segundo caso, a vegetação secundária é triturada depois de determinado período de pousio. É uma prática integrada que reúne cultivo em contorno, ceifa das plantas daninhas, manutenção da cobertura morta, rotação de culturas e manutenção da cobertura do solo, sendo, por isso mesmo, capaz de reduzir as perdas de solo em até 99% e as de água em até 50% (Guadagnin et al., 2005).

Devido a sua importância para o Estado do Acre, esta prática é abordada em dois capítulos separados (capítulos 2 e 3).

Práticas de Caráter Mecânico

As práticas de caráter mecânico são aquelas em que se utilizam estruturas artificiais visando à interceptação e à condução do escoamento superficial, sendo a mais importante o terraceamento. A seguir, são feitas as recomendações para a adoção destas práticas no Estado do Acre, a partir das sugestões de Wadt (2004) e Pruski et al. (2006).

A prática de construção de terraços (terraceamento) para o controle da erosão está assentada no princípio do seccionamento do comprimento da rampa, consistindo do conjunto de um canal e um camalhão construídos em nível ou em pequeno gradiente, tendo por finalidade reter e infiltrar (terraços em nível), ou

escoar lentamente (terraços em desnível) as águas provenientes da parcela da rampa imediatamente superior, de forma a minimizar o poder erosivo do escoamento superficial.

O principal efeito esperado com a adoção de práticas mecânicas para o controle da erosão consiste na interceptação do escoamento superficial, de forma a diminuir a energia associada a este escoamento e assim reduzir tanto a capacidade de desprendimento de partículas, como a capacidade de transporte daquelas já desprendidas.

Portanto, os terraços são construídos para disciplinar a energia associada ao escoamento superficial, embora não atuem diretamente nas causas do processo erosivo, mas no sentido de segmentar a distância percorrida pelo escoamento superficial.

O controle da erosão por meio de terraços deve ser utilizado em conjunto com as práticas de caráter edáfico e vegetativo, as quais agem na fase mais inicial do processo erosivo e, portanto, são mais efetivas. Desta forma, a eficiência de um sistema de terraços depende da combinação de outras práticas, como o cultivo em contorno (plantio em nível), rotação de culturas, controle de queimadas e manutenção da cobertura do solo. A máxima eficiência no controle da erosão será alcançada associando-se o sistema de plantio direto com a construção de terraços.

A definição quanto à necessidade ou não do uso do terraceamento é uma decisão complexa e deve ser tomada caso a caso. Devem-se analisar os prejuízos

associados ao escoamento da água que superam os limites de perdas toleráveis para o solo e a possibilidade de aumentar a retenção de água em maiores níveis energéticos (em cotas mais elevadas do terreno).

Embora o terraceamento seja uma prática de conservação do solo usada desde o início do século 20, ainda apresenta dificuldades relativas ao planejamento, construção e manutenção. Para que um terraço funcione com plena eficiência é necessário dimensionar o espaçamento entre terraços e sua secção transversal. Outros aspectos que devem ser considerados são a forma e os tipos de terraços que podem ser construídos em determinada área.

A seguir, são apresentadas recomendações para o dimensionamento de terraços no Estado do Acre baseadas em métodos simples, para as quais não se requer uma capacitação especial. Sua limitação é que os métodos descritos devem ser usados em pequenas bacias, no máximo com 500 ha (Pruski et al., 2006).

Terraceamento: Tipos, Modos de Construção, Dimensão e Formas dos Terraços

O terraceamento consiste na construção de um conjunto de terraços projetados, segundo as condições locais, para controlar a erosão de determinada área. Os terraços têm como princípio o seccionamento ou a subdivisão dos comprimentos de rampa de forma a interceptar o escoamento superficial antes que este evolua e atinja alta velocidade, ganhando poder erosivo (Fig. 1).



Fig. 1. Visão esquemática do terraceamento indicando o seccionamento da rampa com a construção de terraços.
 Fonte: Bertolini et al., 1989.

O terraço constitui um canal e um camalhão. O primeiro corresponde à parte do terreno onde foi realizado o corte, enquanto o camalhão corresponde ao aterro, construído a partir do solo removido do próprio canal. A secção total de um canal é formada pela secção do canal e do aterro, havendo uma pequena sobreposição entre elas (Fig. 2).

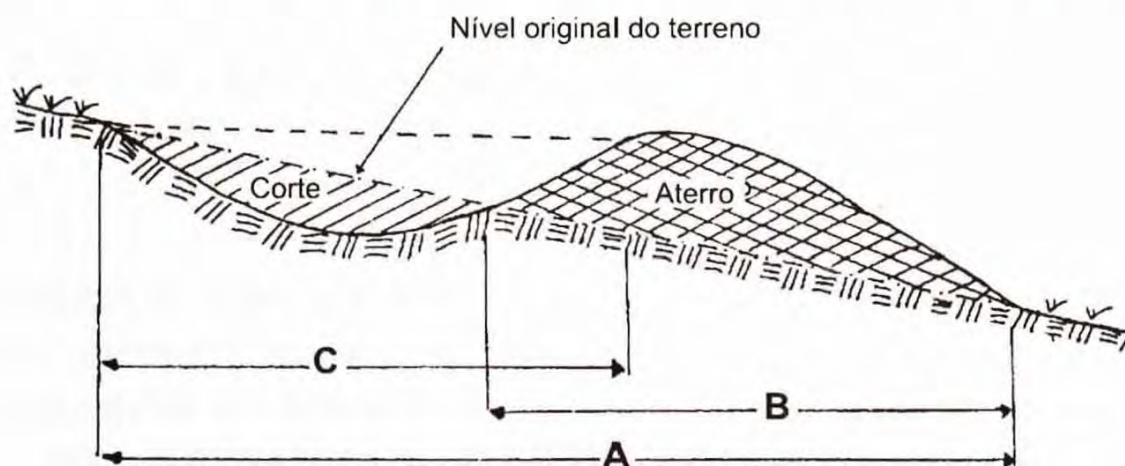


Fig. 2. Visão esquemática de perfil do terraço indicando a secção do canal ou corte (dimensão C), do camalhão ou aterro (dimensão B) e do terraço (dimensão A).
 Fonte: Bertolini et al., 1989.

Os terraços podem ser classificados de acordo com a sua função (em nível ou desnível), modo de construção, dimensões ou forma do perfil.

Independente de sua classificação, todos visam ao mesmo objetivo: parcelar o comprimento da rampa evitando que o escoamento superficial se avolume e ganhe velocidade.

Quanto à função, existem dois tipos básicos de terraços:

- a) Em nível, de retenção, absorção ou de infiltração, cuja função é interceptar o escoamento superficial e retê-lo, para posterior infiltração no perfil do solo.
- b) Em desnível, com gradiente ou de drenagem, cuja função é interceptar o escoamento superficial e escoar disciplinadamente o excesso de água para canais escoadouros.

Os terraços em nível são recomendados para solos que apresentem boa permeabilidade, possibilitando uma rápida infiltração da água até as camadas mais profundas, enquanto os terraços em desnível são recomendados para solos com permeabilidade moderada ou lenta, que impossibilitem uma infiltração de água da chuva na intensidade necessária.

Pela necessidade de escoar a água dos canais, o terraço em desnível está sempre associado a construções de canais escoadouros, sejam estes naturais ou artificiais, tendo por finalidade conduzir disciplinadamente a água em excesso para fora do terreno.

O principal fator determinante do tipo de canal a ser construído (em nível ou desnível) é o solo, uma vez que

as suas propriedades físicas determinam a permeabilidade da água em seu perfil. As propriedades mais relevantes neste aspecto são a textura, estrutura, profundidade efetiva e permeabilidade da camada superficial e subsuperficial.

Quanto ao modo de construção, os terraços podem ser do tipo Nichols ou Mangum.

Os fatores que determinam o modo de construção dos terraços são o tipo de máquinas disponíveis e a declividade do terreno.

O terraço do tipo Nichols é construído cortando-se a terra e movimentando-a sempre de cima para baixo, de modo que a terra que forma o camalhão é retirada da faixa imediatamente superior, resultando nela o canal. Este tipo de terraço pode ser construído em terrenos de pequena ou maior declividade, de até 18%, e o equipamento que melhor se adapta a este tipo de construção é o arado de discos reversível.

O terraço tipo Mangum é construído movimentando-se uma faixa de terra mais larga que a do terraço do tipo Nichols, deslocando-se a terra tanto da faixa imediatamente superior como inferior ao camalhão. Normalmente apresenta canais mais rasos e largos que o terraço anterior, podendo ser construído tanto com arados (fixo ou reversível) como terraceadores. É mais indicado para terrenos de menor declividade.

Considerando a dimensão do terraço (Fig. 2), ou seja, a largura da faixa de movimentação de terra, os terraços podem ser de base estreita, média ou larga (Fig. 3).

O terraço de base estreita é construído sobre uma faixa de movimentação de terra de até três metros de largura, sendo recomendado apenas para as condições em que não seja possível instalar terraços de base média ou larga. Normalmente é recomendado para pequenas propriedades, com baixa intensidade de mecanização agrícola e deve ser construído em terrenos com declividade acima de 12%, sendo, portanto, mais indicado para pequenas áreas.

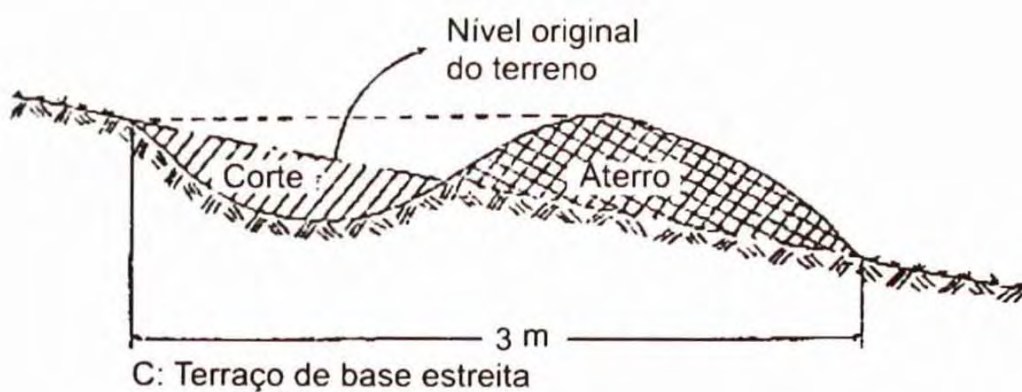
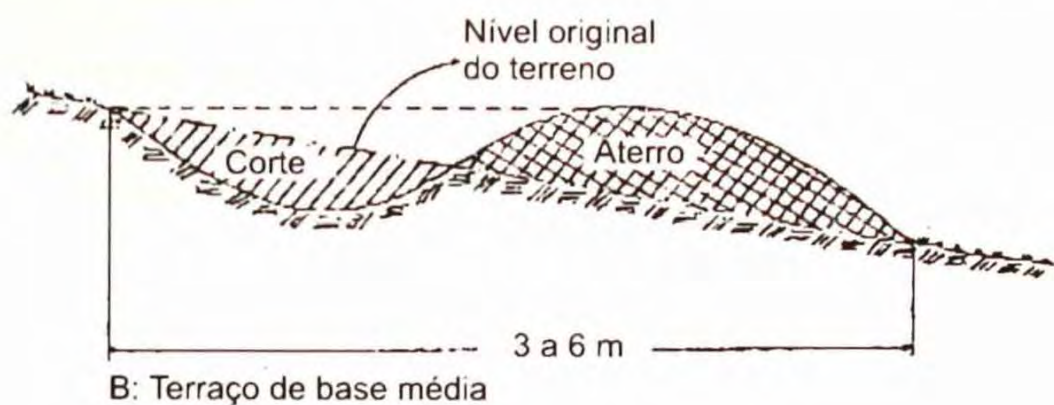
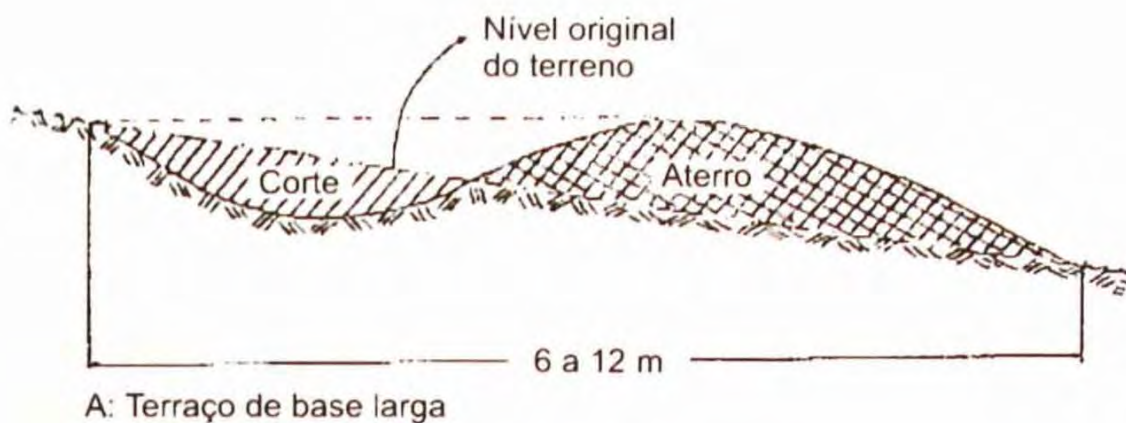


Fig. 3. Esquema comparativo da secção transversal de terraços de base larga, média e estreita.

Fonte: Bertolini et al., 1989.

O terraço de base média é construído sobre uma faixa de movimentação de terra de três a seis metros de largura, podendo ser cultivado em maior parte de sua extensão (em seu talude a jusante), resultando portanto numa pequena perda de área cultivada (2,5% a 3,5%, em média). Pode ser construído com arado de três ou cinco discos, sendo indicado para pequenas ou médias propriedades, onde exista maquinaria de potencial suficiente para os implementos recomendados, com declividade do terreno de até 15%.

Finalmente, os terraços de base larga são construídos numa faixa de movimentação de terra de seis a doze metros de largura, sendo recomendados para lavouras extensas em terrenos com declividade não superior a 12%, preferencialmente de 6% a 8%. Sua principal desvantagem é o custo de construção, que é mais elevado. Entretanto, podem ser cultivados em toda a sua extensão e os trabalhos de manutenção são mais fáceis de conduzir, impossibilitando a formação de banco de sementes de ervas daninhas nas áreas não cultivadas, como pode ocorrer com os outros tipos de terraços. São os mais apropriados para a combinação com o sistema de plantio direto na palha (Fig. 4).



Foto: Paulo Guilherme Salvador Wadt

Fig. 4. Terraço de base larga em sistema de plantio direto na palha com a cultura da soja.

Quanto à forma, os terraços podem ser do tipo comum ou patamar. O primeiro é uma construção de terra em nível ou em desnível, composta por um canal e um camalhão. Este tipo de terraço é o mais comum e pode ser construído em terrenos de até 18% de declividade. O terraço comum pode ainda ser classificado como sendo do tipo embutido ou murundum.

O terraço comum embutido, normalmente feito com motoniveladora ou com trator com lâmina frontal, caracteriza-se por ser construído de modo que o canal tenha a forma triangular, ficando o talude que o separa do camalhão praticamente na vertical. Este tipo de canal apresenta boa estabilidade e pequena área utilizada (Fig. 5).

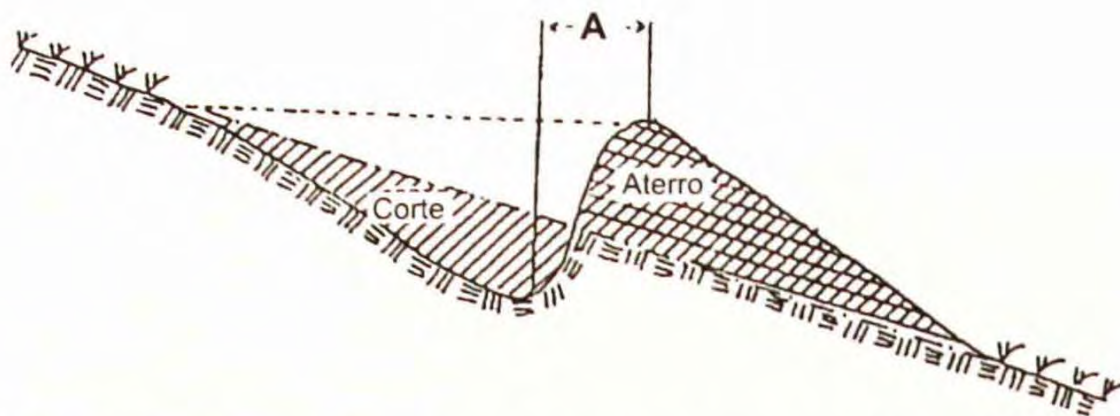


Fig. 5. Esquema de uma secção transversal de um terraço comum embutido (a distância A representa a pequena faixa de plantio perdida).

Fonte: Bertolini et al., 1989.

O terraço comum murundum caracteriza-se por possuir um camalhão alto, de aproximadamente 2 metros de altura, e um canal de forma triangular. Em face da altura do camalhão, não pode ser cultivado e ainda apresenta sério entrave à movimentação das máquinas. É apropriado apenas para condições em que seja necessário reter grande volume de água (Fig. 6).

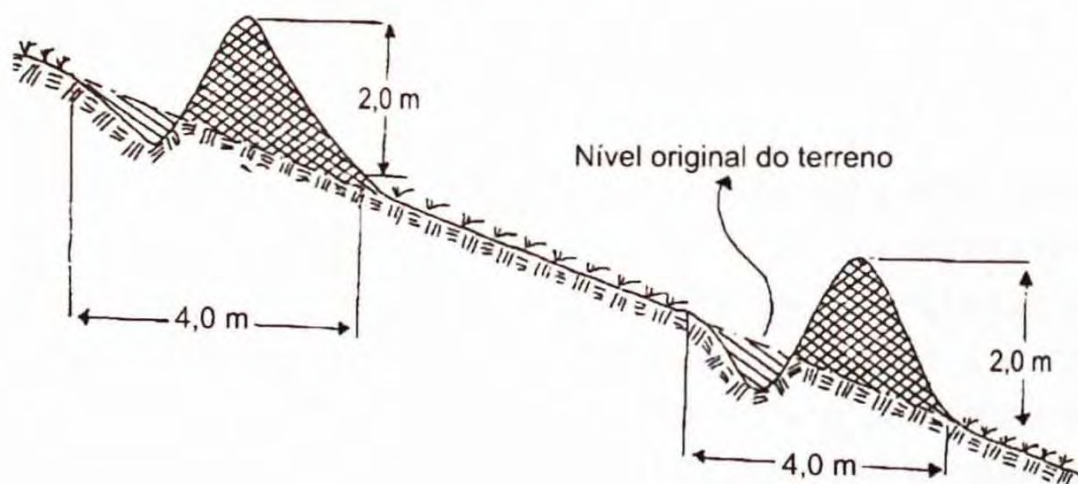


Fig. 6. Esquema de uma secção transversal de um terraço comum murundum.

Fonte: Bertolini et al., 1989.

Em determinados tipos de terrenos, onde há uma transição clara ou abrupta entre horizontes, e principalmente se o horizonte superficial for mais arenoso que o subsuperficial, como ocorre em solos com horizonte B textural (de textura mais argilosa), a construção dos terraços deve ser feita de modo a evitar que haja escoamento subsuperficial da água entre os dois horizontes consecutivos (Fig. 7).

No caso em que o canal é construído somente no horizonte mais superficial (Fig. 7A), o escoamento subsuperficial pode provocar o rompimento do camalhão através de sua base. Neste tipo de solo, recomenda-se o terraço embutido (Vieira, 1987), desde que o canal seja construído até a profundidade do horizonte subsuperficial (normalmente um horizonte B-textural, Bt). Este tipo de construção oferece maior resistência ao terraço, pois a parte inferior da parede do canal é o próprio perfil do solo, sem revolvimento (Fig. 7B).

Os terraços em patamar são utilizados para terrenos com declive superior a 18%, sendo construídos transversalmente à linha de maior declive. O patamar não só controla a erosão, mas também facilita as operações agrícolas devido à sistematização do terreno.

O terraço patamar é constituído de uma plataforma, na qual são plantadas as culturas, e de um talude que deve ser estabilizado com revestimento de grama ou outro tipo de vegetação.

A plataforma do terraço patamar deve ser limitada por um pequeno cordão de terra na superfície e ter uma pequena inclinação para o interior, a fim de evitar o

escoamento da água de um terraço para outro imediatamente inferior. Se isso acontecer, poderá haver erosão no talude e assim comprometer todo o sistema de terraceamento.

Devido ao seu elevado custo de construção, recomenda-se este tipo de terraço somente em áreas altamente valorizadas e cultivadas com culturas de alto rendimento econômico.

Por fim, os terraços podem ser classificados quanto ao alinhamento, em terraços paralelos ou terraços não paralelos.

Os terraços paralelos são construídos com espaçamento constante ao longo de toda a sua extensão, o que requer um planejamento rigoroso, com base no levantamento planimétrico da área. Por requerer grande volume de movimentação de terra, para aterro e corte, apresentam elevado custo de implantação e podem expor camadas do solo subsuperficiais, de menor fertilidade. Por isso, não devem ser recomendados a menos que estas limitações sejam sanadas.

Os terraços não paralelos constituem o tipo de terraço mais freqüente, sendo o espaçamento variável ao longo da área terraceada.

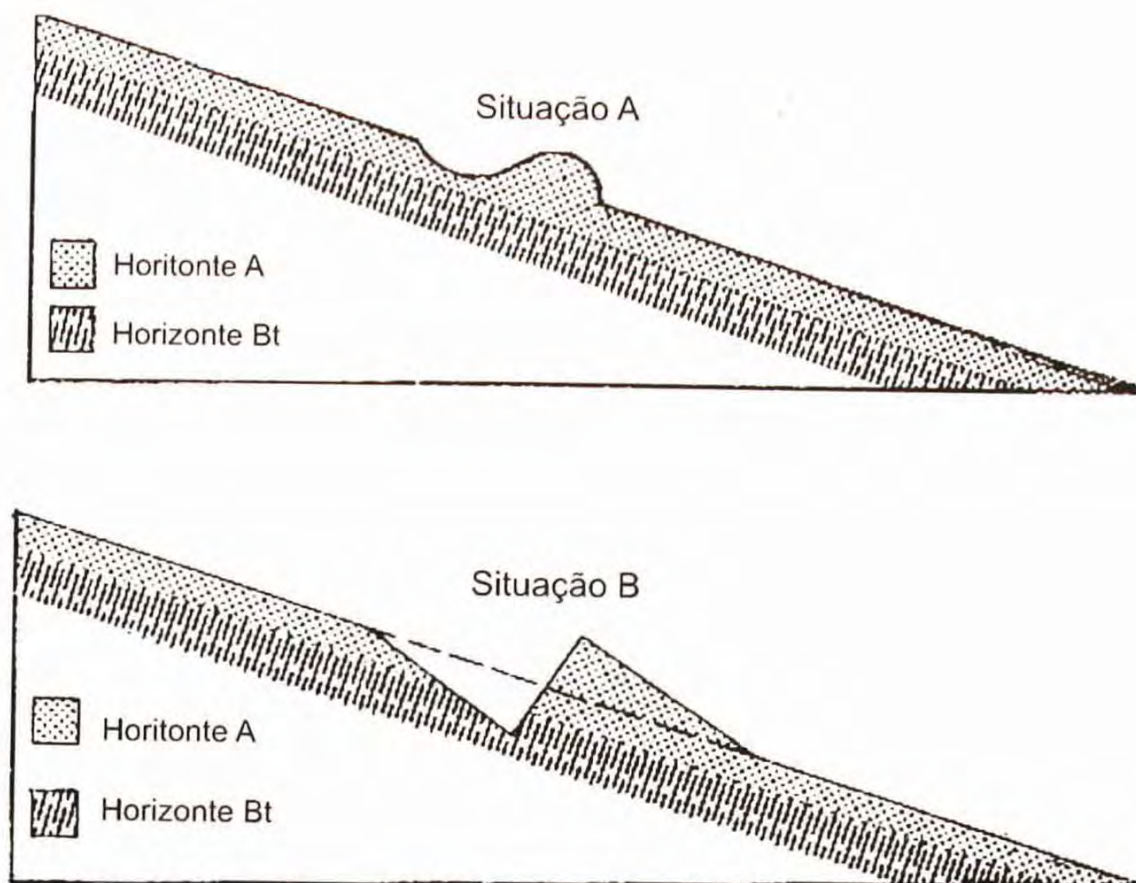


Fig. 7. Corte esquemático demonstrando duas situações em que o risco de rompimento do terraço será elevado (situação A) ou reduzido (situação B).

Fonte: Vieira, 1987.

Dimensionamento dos Terraços

O dimensionamento de sistemas de terraços consiste em determinar duas de suas características: o espaçamento entre terraços e a secção transversal destes. Os dois principais fatores a serem considerados são:

- a) Os espaços entre os terraços devem ser estabelecidos rigorosamente de acordo com a declividade da área, de forma a se evitar super ou subdimensionamento destas distâncias.

- b) As secções mínimas dos terraços devem ser estabelecidas em função da velocidade de infiltração da água no solo, intensidade máxima provável de chuvas e volume de água a ser captado, inclusive da drenagem das estradas.

O espaçamento entre terraços é calculado em função da capacidade de infiltração de água, da resistência que o solo oferece à erosão e do seu uso atual e manejo, sendo a metodologia de cálculo a mesma para terraços em nível e em desnível.

Existem vários modelos para determinar o espaçamento entre os terraços, como a metodologia de Bentley ou a recomendada para o Estado do Paraná (Pruski et al., 2006). Segundo este autor, a metodologia mais apropriada baseia-se em valores toleráveis de perda de solo obtidos com o uso da Equação Universal de Perdas de Solo Revisada (RUSLE). Entretanto, seu emprego para as condições brasileiras tem restrições em razão dos limitados bancos de dados para estimar os diversos fatores considerados no modelo, bem como pela ausência de informações de pesquisa de campo nas várias regiões. Além disto, a metodologia RUSLE requer informações complexas (perda de solo tolerável, erodibilidade do solo, erosividade da chuva), além de obtenção de valores para os fatores adoção de práticas conservacionistas, declividade do terreno e manejo do solo e sua influência na erosão hídrica.

Por estes motivos Wadt (2004) sugere o uso da metodologia proposta por Lombardi Neto et al. (1989). Embora a quantidade de dados usados para o

estabelecimento da proposta de Lombardi Neto et al. (1989) seja ainda insuficiente, essa metodologia apresenta um bom embasamento técnico e é de aplicação mais fácil que a RUSLE.

Assim, o espaçamento entre terraços pode ser calculado conforme se segue:

$$EV = 0,4518 \times K \times D^{0,58} \times (M + N) / 2 \quad (\text{equação 1})$$

Em que:

EV = espaçamento vertical entre terraços, em metros

K = índice variável em função do tipo de solo

D = declividade do terreno, em porcentagem

M = fator de uso do solo

N = fator de manejo do solo (preparo do solo e manejo dos restos culturais).

Os valores possíveis para as variáveis K, M e N são dados nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2. Valores para o fator K em função do tipo de solo.

Tipo de solo	Valor da variável K
A	1,25
B	1,10
C	0,90
D	0,75

Fonte: Lombardi Neto et al., 1989.

Os solos foram reunidos nestes grupos de acordo com as seguintes características:

Solos do grupo A: apresentam alto grau de resistência à erosão e alta infiltração, mesmo quando molhados. Normalmente são solos profundos ou muito profundos, porosos, com ausência de gradiente textural (teor de argila do horizonte B dividido pelo teor de argila do horizonte A menor que 1,2) e com estrutura granular de grau forte de desenvolvimento e com alta macroporosidade em todo o perfil. A textura varia de média a muito argilosa, com domínio de argilas de baixa atividade e com forte agregação nos solos com textura muito argilosa. Dentro deste grupo também são verificados solos que apresentam textura arenosa e alta permeabilidade. Os solos típicos são os Latossolos Vermelho-Amarelos do Município de Senador Guimard e Capixaba e os Neossolos Quartzarênicos da bacia do Rio Juruá.

Solos do grupo B: apresentam moderada taxa de infiltração, mesmo quando completamente molhados, ou alta taxa de infiltração, mas com moderada resistência à erosão. Normalmente são solos profundos, com relação textural menor que 1,5, podendo apresentar estrutura em blocos ou granular e textura que varia de arenosa a muito argilosa. Normalmente são constituídos de argilas de baixa atividade. Os solos típicos são os Latossolos Amarelos (de natureza caulinítica), do Município de Sena Madureira, e Argissolos, de Rio Branco, Brasília ou Plácido de Castro, entre outros.

Solos do grupo C: apresentam baixa taxa de infiltração mesmo quando completamente molhados e com baixa resistência à erosão. São normalmente profundos ou moderadamente profundos, podendo apresentar relação

textural maior que 1,5 ou mesmo mudança textural abrupta. Podem ocorrer argilas de baixa ou alta atividade. Os solos típicos deste grupo são os Luvisolos, do Município de Sena Madureira, e Argissolos com caráter plântico, de Acrelândia ou Plácido de Castro.

Solos do grupo D: possuem taxa de infiltração muito baixa, mesmo quando completamente molhados, e muito baixa resistência à erosão. São normalmente rasos, ou com mudança textural abrupta aliada ao domínio de argilas de alta atividade, que resultam em expansão do solo quando úmido reduzindo a porosidade e a permeabilidade à água, ou ainda, com a presença de camadas de impedimento à infiltração, tais como horizontes litoplânticos. Dentro deste grupo podem ser destacados os Plintossolos do Município do Bujari, Rio Branco e Acrelândia; Luvisolos, Cambissolos e Vertissolos dos Municípios de Sena Madureira, Feijó ou Tarauacá.

Tabela 3. Valores para o fator M em função do tipo de uso do solo.

Grupo	Tipo de uso do solo	M
1	Mandioca ou feijão	0,50
2	Amendoim, arroz, algodão, girassol	0,75
3	Soja, leguminosas para adubação verde, cucurbitáceas	1,00
4	Milho, sorgo, fruteiras de ciclo curto, cana-de-açúcar	1,25
5	Fruteiras permanentes, café, pupunha, sistemas agroflorestais	1,50
6	Pastagens, forrageiras ou capineiras	1,75
7	Reflorestamento, seringueira, cacau, cupuaçu	2,00

Fonte: Lombardi Neto et al., 1989.

Tabela 4. Valores para o fator N em função do tipo de manejo do solo.

Grupo	Manejo do solo			N
	Preparo primário	Preparo secundário	Restos culturais	
1	Grade aradora, ou grade pesada ou enxada rotativa	Grade niveladora	Incorporados ou queimados	0,50
2	Arado de disco ou aiveca, subsolador	Grade niveladora	Incorporados ou queimados	0,75
3	Grade leve	Grade niveladora	Parcialmente incorporados	1,00
4	Arado escarificador	Grade niveladora	Parcialmente incorporados	1,50
5	Não tem	Plantio direto	Superfície do terreno	2,00

Fonte: Lombardi Neto et al., 1989.

Conhecido o espaçamento vertical (diferença de cotas entre dois terraços consecutivos), pode-se então determinar o espaçamento horizontal (EH), pela seguinte expressão:

$$EH = 100 \times EV/D \quad (\text{equação 2})$$

Além da equação 2 podem-se utilizar tabelas para determinar o espaçamento entre os terraços (Tabela 5), lembrando porém que estas são calculadas assumindo-se o valor $(M+N)/2$ como sendo igual a 1, e portanto, o espaçamento indicado na tabela deve depois ser multiplicado pelo fator $(M+N)/2$ para se determinar a distância efetiva que deverá ser seguida na construção dos terraços.

Com base nas equações 1 e 2 ou no uso de tabelas (Tabela 5), pode-se determinar o espaçamento horizontal mínimo entre dois terraços consecutivos, o qual não deve ser inferior a 12 metros, uma vez que espaçamentos menores tornam-se antieconômicos por dificultarem tanto a construção e manutenção dos terraços, como os cultivos mecânicos.

Tabela 5. Espaçamento horizontal (EH) e vertical (EV) entre terraços, em metros, em função da declividade do terreno (DT), em porcentagem, e do tipo de solo, para valores de $(M + N)/2$ iguais a 1,00.

DT (%)	Tipo de solo							
	A (K = 1,25)		B (K = 1,10)		C (K = 0,90)		D (K = 0,75)	
	EH	EV	EH	EV	EH	EV	EH	EV
1	56,5	0,56	49,7	0,50	40,7	0,41	33,9	0,34
2	42,2	0,84	37,1	0,74	30,4	0,61	25,3	0,51
3	35,6	1,07	31,3	0,94	25,6	0,77	21,4	0,64
4	31,5	1,26	27,8	1,11	22,7	0,91	18,9	0,76
5	28,7	1,44	25,3	1,26	20,7	1,03	17,2	0,86
6	26,6	1,60	23,4	1,40	19,2	1,15	16,0	0,96
7	24,9	1,75	21,9	1,54	18,0	1,26	15,0	1,05
8	23,6	1,89	20,8	1,66	17,0	1,36	14,1	1,13
9	22,4	2,02	19,7	1,78	16,2	1,45	13,5	1,21
10	21,5	2,15	18,9	1,89	15,5	1,55	12,9	1,29
11	20,6	2,27	18,2	2,00	14,9	1,63	12,4	1,36
12	19,9	2,39	17,5	2,10	14,3	1,72	11,9	1,43
13	19,2	2,50	16,9	2,20	13,8	1,80	-	1,50
14	18,6	2,61	16,4	2,30	13,4	1,88	-	1,57
15	18,1	2,72	15,9	2,39	13,0	1,96	-	1,63
16	17,6	2,82	15,5	2,48	12,7	2,03	-	1,69
17	17,2	2,92	15,1	2,57	12,4	2,10	-	1,75
18	16,8	3,02	14,8	2,66	12,1	2,17	-	1,81

Em geral, os terraços em nível são recomendados para os solos do tipo A ou B, enquanto os terraços em desnível são recomendados para os solos do tipo C ou D.

Outro critério que pode vir a ser utilizado é a construção de terraços em nível para áreas onde o valor da expressão $Kx(M+N)/2$ seja maior ou igual a 1,20, e em desnível, para aquelas áreas onde o valor da expressão $Kx(M+N)/2$ seja inferior a 1,20.

Tendo-se definido o tipo e o espaçamento entre os terraços, é possível determinar a área de captação pluvial e, assim, dimensioná-los (canais em nível ou em desnível), ou seja, calcular as suas secções mínimas.

As variáveis que devem ser consideradas para este dimensionamento dependem, primariamente, do tipo de função do terraço a ser construído: em nível ou em desnível.

Terraços em Nível

A altura da água acumulada no canal de um terraço posicionado em nível e com secção transversal triangular (Fig. 8) é calculada pela equação:

$$H = \sqrt{(ES \times EH \times S_t \times S_m) / (500 \times (S_t + S_m))}$$

Em que:

H = altura de água acumulada no canal do terraço, em m

ES = lâmina de escoamento superficial, em mm

EH = espaçamento horizontal entre terraços, em m

S_t = declividade do terreno, em $m\ m^{-1}$

S_m = declividade da parede de montante do terraço, em $m\ m^{-1}$.

Para terraços posicionados em nível cuja secção transversal se aproxime do formato trapezoidal (Fig. 9), a altura de água acumulada no canal é calculada pela equação:

$$H = \left[-B + \sqrt{B^2 + \left[(4 \times ES \times EH) / (1000 \times S_d) \right]} \right] / [2 / S_d]$$

Em que:

H = altura de água acumulada no canal do terraço, em m

B = largura do fundo do canal, em m

ES = lâmina de escoamento superficial, em mm

EH = espaçamento horizontal entre terraços, em m

S_d = declividade do talude do canal, igual a $1/Z$, em $m\ m^{-1}$.

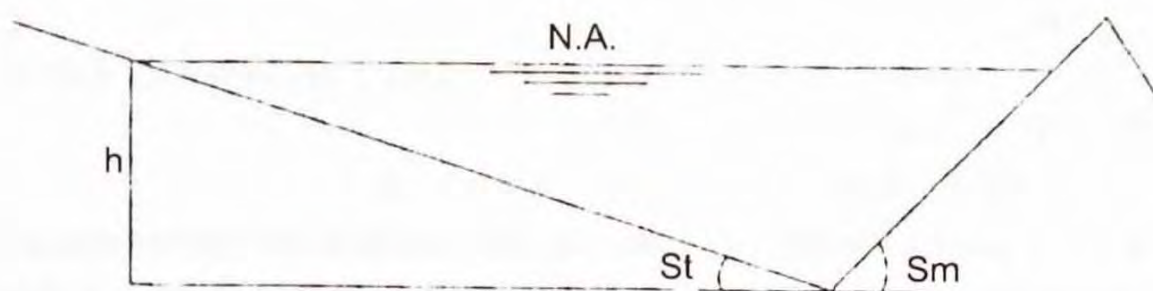


Fig. 8. Representação esquemática de um terraço com secção transversal triangular.

Fonte: Pruski et al., 2006.

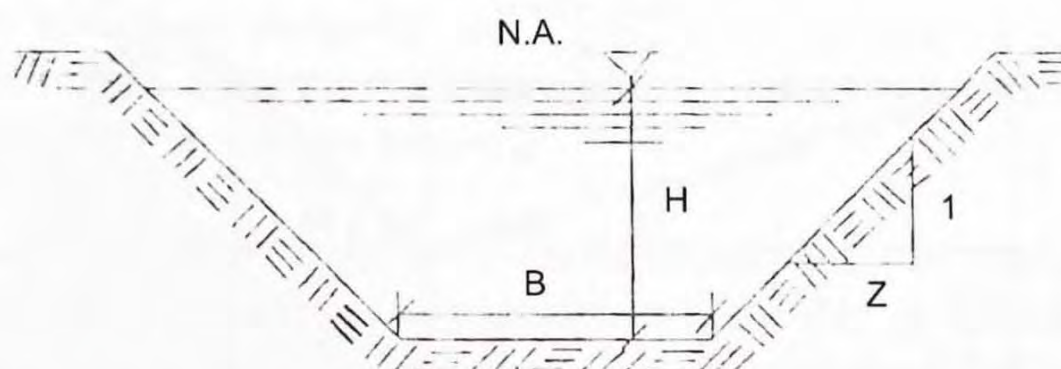


Fig. 9. Representação esquemática de um terraço com secção transversal trapezoidal.

Fonte: Pruski et al., 2006.

Terraços em Desnível

A altura de água, recomendável para conduzir a vazão máxima escoada na extremidade final do canal de terraços em desnível com formato triangular (Fig. 10), é dada por:

$$h = \left[\frac{Q \times n_c \times (2 \times S_m \times S_t)^{5/3} \times (\text{sen}(aa) + \text{sen}(bb))^{2/3}}{S_c^{1/2} \times (S_t + S_m)^{5/3} \times (\text{sen}(aa) \times \text{sen}(bb))^{2/3}} \right]^{3/8}$$

Em que:

h = altura de água na extremidade final do canal do terraço, em m

Q = vazão na extremidade final do canal do terraço, em $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$

n_c = coeficiente de rugosidade das paredes do canal do terraço, em $\text{s m}^{-1/3}$

S_t = declividade do terreno, em m m^{-1}

S_m = declividade da parede de montante do terraço, em m m^{-1}

aa e bb = ângulos de inclinação do talude do canal e do terreno, respectivamente

S_c = declividade do canal, em m m^{-1} .

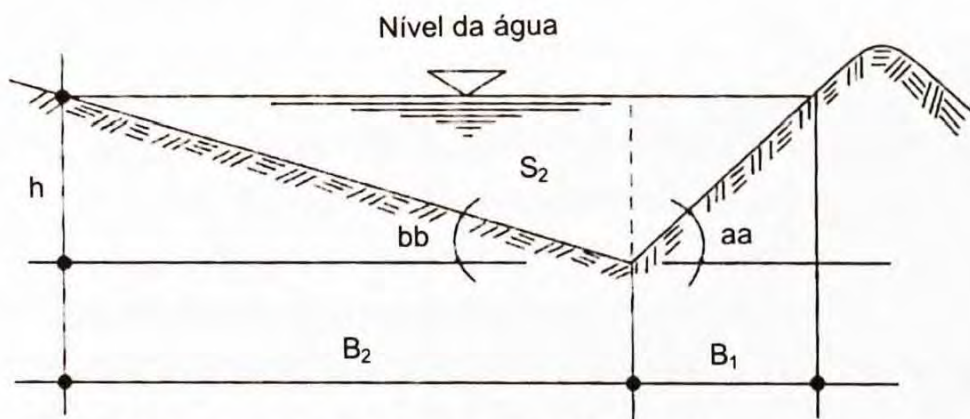


Fig. 10. Representação esquemática de um terraço com secção transversal triangular.

Fonte: Pruski et al., 2006.

Para sistemas de terraceamento posicionados com gradiente é necessário também considerar o dimensionamento do canal escoadouro, sendo, neste caso, recomendada a equação de Manning (Pruski et al., 2006):

$$\frac{Q_{ce} \times n_{ce}}{\sqrt{I_{ce}}} \times A \times R H^{2/3}$$

Em que:

A = área da secção molhada, em m^2

Q_{ce} = vazão do canal escoadouro, em $m^3 s^{-1}$

n_{ce} = coeficiente de rugosidade das paredes do canal escoadouro, em $s m^{-1/3}$

RH = raio hidráulico, em m

I_{ce} = declividade do canal escoadouro, em $m m^{-1}$.

No caso do canal escoadouro, posicionado segundo a linha de maior declividade do terreno, deve-se proceder ao dimensionamento trecho a trecho, sendo cada um correspondente ao segmento no qual as condições de escoamento (sobretudo a vazão e a declividade) se mantêm constantes. Sempre que houver descarga de um terraço e, portanto, um incremento da vazão a ser conduzido pelo canal escoadouro, será necessário considerar um novo trecho.

Mais detalhes para o dimensionamento do canal escoadouro devem ser consultados em Pruski et al. (2006).

Escoamento Superficial

As práticas mecânicas não são suficientes por si sós, devendo ser utilizadas de forma complementar às práticas edáficas e vegetativas. Uma das vantagens da integração das práticas mecânicas com as vegetativas e edáficas está na possibilidade de otimizar a dimensão dos terraços em relação ao custo-benefício, já que elas podem contribuir para diminuir o escoamento superficial, que consiste em uma das variáveis mais importantes para o dimensionamento dos terraços.

No dimensionamento dos canais é necessário determinar duas variáveis relativas ao escoamento superficial, o volume e a vazão máxima, respectivamente, para os terraços em nível e em desnível.

Volume do Escoamento Superficial

Existem diferentes métodos para determinar o volume do escoamento superficial (Wadt, 2004; Pruski, 2006c). Wadt (2004) sugeriu a equação utilizada por Lombardi Neto et al. (1989), na qual o volume do escoamento superficial é calculado em m^3 em função de toda a área de escoamento do terraço.

O volume do escoamento superficial (ES) pode ainda ser calculado pelo método do número da curva ou do balanço da água na superfície do solo (Pruski, 2006c). Este segundo método foi desenvolvido com base em fundamentos físicos consagrados da engenharia e, por este motivo, é mais seguro, embora mais trabalhoso.

Entretanto, na utilização proposta para o dimensionamento de terraços em nível, o volume de escoamento tem que ser dado em mm de lâmina de água, e, portanto, o método do número da curva é mais recomendado para o Estado do Acre:

$$ES = \frac{[PT - 0,2 \times ((25400 \div CN) - 254)]^2}{[PT - 0,8 \times ((25400 \div CN) - 254)]}$$

Em que:

ES = escoamento superficial, em mm

PT = precipitação total, em mm

CN = número da curva, valor tabelado (Tabela 6) correspondente à infiltração potencial, em mm.

Os valores apresentados na Tabela 6 para o número da curva (CN) referem-se à condição de umidade antecedente AMCII, equivalendo a uma classe de umidade do solo entre 35% e 52,5%. O número da curva pode ser menor para solos mais secos, ou seja, com classe de umidade antecedente menor (AMCI) ou maior, para solos mais úmidos (AMCIII).

Entretanto, na recomendação para o Estado do Acre deve-se utilizar a classe de umidade AMCII, que corresponde à condição hidrológica má, para todas as regiões do Estado.

Vazão Máxima do Escoamento Superficial

Para terraços em desnível é necessário determinar a vazão máxima de escoamento, a qual pode ser definida

pelo método Racional ou pelo método do Histograma (Pruski, 2006c).

No método do Histograma, o volume do escoamento superficial corresponde à área sob a curva representativa da vazão em função do tempo, e devido à necessidade do uso de integrais, recomenda-se utilizar softwares específicos para o cálculo da vazão máxima (Pruski, 2006c).

O método Racional é mais intuitivo e pode ser aplicado para bacias com áreas de 50 a 500 ha e calculado conforme segue:

$$Q = I \times C_{es} \times A / 360$$

Em que:

Q = vazão máxima de escoamento superficial a ser drenado, em $m^3 s^{-1}$

A = área a ser drenada adjacente entre dois terraços, em ha

I = intensidade máxima de chuva, para um tempo de retorno de 10 anos, em $mm h^{-1}$

C_{es} = coeficiente de escoamento superficial, adimensional (Tabela 7).

A informação mais difícil de se obter é a intensidade máxima de chuva (I), uma vez que não existem no Estado do Acre dados meteorológicos sobre esta variável, nem mesmo modelos já ajustados para determiná-la a partir de dados secundários.

Como uma aproximação grosseira, Wadt (2004) propõe que se utilize a precipitação máxima para um período de 24 horas, multiplicada por um redutor equivalente a 0,9.

Portanto, tomando como exemplo o Município de Rio Branco, é possível afirmar que a intensidade máxima de chuva para um período de concentração de 15 minutos (I) será:

$$I = P_{\max} \cdot 0,9 = 130 \times 0,9 = 117 \text{ mm}$$

Em que:

P_{\max} = precipitação máxima observada para um período de 24 horas, considerando um tempo de retorno de 30 anos

I = intensidade de chuva, para um tempo de retorno de 10 anos.

Mais detalhes sobre a aplicação deste método podem ser obtidos em Pruski (2006c).

Tabela 6. Valores de CN para bacias agrícolas.

Uso do solo	Tratamento	Condição hidrológica	Tipo de solo			
			A	B	C	D
Sem cultivo	Fileiras retas	-	77	86	91	94
Cultivo em fileiras	Fileiras retas	Boa	72	81	88	91
		Má	67	78	85	89
	Com curvas de nível	Boa	70	79	84	88
		Má	65	75	82	86
	Com curvas de nível e terraços	Boa	66	74	80	82
		Má	62	71	78	81
Cultivo em fileiras estreitas	Fileiras retas	Boa	65	76	84	88
		Má	63	75	83	87
	Com curvas de nível	Boa	63	74	82	85
		Má	61	73	81	84
	Com curvas de nível e terraços	Boa	61	72	79	82
		Má	59	70	78	81
Leguminosas em fileiras estreitas	Fileiras retas	Boa	66	77	85	89
		Má	58	72	81	85
	Com curvas de nível	Boa	64	75	83	85
		Má	55	69	78	83
	Com curvas de nível e terraços	Boa	63	73	80	83
		Má	51	67	76	80
Pastagens	Sem curvas de nível	Má	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Boa	39	61	74	80
	Com curvas de nível	Má	47	67	81	88
		Regular	25	59	75	83
		Boa	6	35	70	79
Floresta	Sem curvas de nível	Má	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Boa	25	55	70	77

Fonte: Pruski, 2006c.

Tabela 7. Valores para o coeficiente de escoamento superficial.

Cobertura do solo	Declividade (%)	Textura do solo		
		Arenosa	Média	Argilosa
Florestas	0-5	0,10	0,30	0,40
	5-10	0,25	0,35	0,50
	10-30	0,30	0,50	0,60
Pastagens	0-5	0,10	0,30	0,40
	5-10	0,15	0,35	0,55
	10-30	0,20	0,40	0,60
Terras cultivadas	0-5	0,30	0,50	0,60
	5-10	0,40	0,60	0,70
	10-30	0,50	0,70	0,80

Fonte: Pruski, 2006c.

Conclusões

O processo erosivo compreende três fases físicas distintas: desagregação, transporte e deposição. As duas primeiras ocorrem com maior intensidade e são as principais responsáveis pela degradação dos solos em áreas agrícolas.

A desagregação compreende o processo de reduzir e individualizar as partículas contidas nos agregados do solo. É causada principalmente pelo impacto direto das gotas de chuva contra a superfície do solo. As partículas desagregadas salpicam com as gotículas de chuva e retornam à superfície selando a porosidade superficial, reduzindo a infiltração de água. À medida que a intensidade de chuva passa a ser maior que a taxa de infiltração, há um excedente de água sobre a superfície, iniciando a segunda fase do processo, que é o transporte (escoamento superficial).

O transporte pode ocorrer mesmo não havendo a desagregação das partículas, bastando que a energia da enxurrada seja suficientemente alta para promover o arraste das partículas de solo.

Para reduzir a intensidade destes processos a adoção de práticas isoladas, como a construção de terraços, para controlar a erosão não é suficiente. Entretanto, práticas isoladas não devem ser vistas como a única forma de controle da erosão hídrica.

O terraço atua como uma barreira que impede o transporte, forçando a deposição. Porém, não impede que ocorra parte do transporte e, principalmente, não tem nenhum efeito sobre a desagregação.

Neste sentido, o sistema de terraceamento deve fazer parte de uma estratégia integrada entre diversos métodos de controle de erosão, que deverá estar concentrada em três pontos básicos:

- a) Aumento da cobertura vegetal do solo para reduzir a energia de impacto das gotas de chuva.
- b) Aumento da infiltração da água no perfil para reduzir ao máximo o volume de enxurrada e sua frequência.
- c) Controle do escoamento superficial.

O aumento da cobertura do solo e da infiltração de água no perfil pode ser obtido pelo próprio aumento da produção vegetal, por meio da adoção de técnicas agrícolas adequadas (adubação e calagem, rotação de culturas, adubação verde, etc.).

É possível obter o controle do escoamento superficial com a adoção de técnicas já conhecidas, como plantio em nível ou cultivo em contorno, preparo adequado do solo e construção de terraços.

Entretanto, o sistema de plantio direto na palha ou na capoeira, por ser capaz de integrar todas as demais práticas, inclusive o terraceamento, torna-se mais efetivo no controle da erosão.

Referências

ANDRADE, C. M. S. de; VALENTIM, J. F.; WADT, P. G. S. **Recomendação de calagem e adubação para pastagens no Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2002. 4 p. (Embrapa Acre. Circular Técnica, 46).

ARAÚJO, E. A. de; AMARAL, E. F. do; WADT, P. G. S.; LANI, J. L. Aspectos gerais dos solos do Acre com ênfase ao manejo sustentável. In: WADT, P. G. S. (Ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005, p. 27-62.

BERGO, C. L.; RICCI, M. dos S. F.; ROSÁRIO, A. A. S.; BRAGA, R. da R. Adubação orgânica. In: WADT, P. G. S. (Ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005, p. 325-350.

BERTOLINI, D.; GALETI, P. A.; DRUGOWICH, M. I. Tipos e formas de terraços. In: LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JUNIOR, R. **Simpósio sobre terraceamento agrícola**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 79-98.

COCHRANE, T. T.; SÁNCHEZ, L. G.; AZEVEDO, L. G. de; PORRAS, J. A.; GARVER, C. L. **Land in Tropical América** Centro Internacional de Agricultura Tropical; Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados; 144 p. 1985, volume 1.

CORDEIRO, D. G.; DEDECEK, R.; MOURÃO, P. de L.; SILVEIRA, A. M. de P. **Determinação das perdas de solo e água em solo podzólico vermelho escuro sob diferentes condições de manejo na região de Rio Branco – Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa-CPAF/AC, 1996. 2 p. (Embrapa-CPAF/AC. Pesquisa em Andamento, 90).

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo.** Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 1991. 272 p.

GAMA, J. F. N. F.; KIEHL, J. C. Influência do alumínio de um Podzólico Vermelho Amarelo do Acre sobre o crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 475-482, 1999.

GOMES, T. C. de A.; MORAES, R. N. de S. **Recomendações para o plantio de espécies leguminosas para o manejo de solos no Acre.** Rio Branco, AC: Embrapa-CPAF/AC. 3 p. 1997. (Embrapa-CPAF/AC. Comunicado Técnico, 77).

GOMES, T. C. de A.; PAZ, F. das C. A.; DEDECEK, R. A.; FREITAS, P. L. de; REGO, R. S. **Determinação de perdas de solo e água em diferentes condições de solo e manejo em Rio Branco, AC.** Rio Branco, AC: Embrapa-UEPAE, 1990, 8 p. (Embrapa-UEPAE. Pesquisa em Andamento, 67).

GUADAGNIN, C. J.; BERTOL, I.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 277-286, 2005.

LEITE, J. A.; MEDINA, B. F. **Perda de solo em um latossolo amarelo do estado do Amazonas sob diferentes sistemas culturais.** Manaus: Embrapa-CNPDS, 5 p. 1985. (Embrapa-CNPDS. Pesquisa em Andamento, 27).

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JR., R.; GALETI, P. A.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J. B. de. Nova abordagem para cálculo de espaçamento entre terraços. In: LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R. **Simpósio sobre terraceamento agrícola**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 99-124.

MONTOLAR-SPAROVEK, R. B.; VIDAL-TORRADO, P.; SPAROVEK, G. Erosão em sulcos, entressulcos e voçorocas em uma microbacia de Piracicaba (SP) intensivamente cultivada. **Science agrícola**, v. 56, n. 4, 1999.

PROCHNOW, D.; DECHEN, S. C. F.; DE MARIA, I. C.; CASTRO, M. O.; VIEIRA, S. R. Razão de perdas de terra e fator C da cultura do cafeeiro em cinco espaçamentos, em Pindorama (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 91-98, 2005.

PROGRAMA ESTADUAL DE ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO. **Zoneamento ecológico-econômico**: recurso naturais e meio ambiente. Rio Branco, AC: Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, 2000a. 116 p. v. 1.

PROGRAMA ESTADUAL DE ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO. **Zoneamento ecológico-econômico**: aspectos socioeconômicos e ocupação territorial. Rio Branco, AC: Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, 2000b. 313 p. v. 2.

PRUSKI, F. F. escoamento superficial. In: PRUSKI, F. F. (Ed.). **Conservação de solo e água**: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa: Editora UFV, 2006c. p. 107-132.

PRUSKI, F. F. Fatores que interferem na erosão hídrica do solo. In: PRUSKI, F. F. (Ed.). **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa: Editora UFV, 2006b. p. 41-74.

PRUSKI, F. F.; GRIEBELER, N. P.; SILVA, J. M. A. da. Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica em áreas agrícolas. In: PRUSKI, F. F. (Ed.). **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa: Editora UFV, 2006. p. 133-170.

PRUSKI, F. F. Prejuízos decorrentes da erosão hídrica e tolerância de perdas de solo. In: PRUSKI, F. F. (Ed.). **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa: Editora UFV, 2006d. p. 13-23.

PRUSKI, F. F. Processo físico de ocorrência da erosão hídrica. In: PRUSKI, F. F. (Ed.). **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa: Editora UFV, 2006a. p. 25-40.

RUFINO, R. L.; HENKLAIN, J. C.; BISCAIA, R. C. M. Influência das práticas de manejo de cobertura vegetal do cafeeiro nas perdas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 9, p. 277-280, 1985.

VALE, F. R. do; GUEDES, G. A.; GUILHERME, L. R. G. **Manejo da fertilidade do solo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1995. 206 p.

VIEIRA, M. J. **Solos de baixa aptidão agrícola: opções de uso e técnicas de manejo e conservação**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná. 1987. 68 p. (Circular, 51).

VIEIRA, M. J. Considerações na aplicação do terraceamento. In: LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R. **Simpósio sobre terraceamento agrícola**, Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 256-265.

WADT, P. G. S. **Manejo de solos ácidos do Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre. 28 p. 2002. (Embrapa Acre. Documentos, 79).

WADT, P. G. S. **Construção de terraços para controle da erosão pluvial no Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre. 44 p. 2004. (Embrapa Acre. Documentos, 85).

WADT, P. G. S. Recomendação de adubação para as principais culturas. In: WADT, P. G. S. (Ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005, p. 491-635.

WADT, P. G. S.; DIAS-FILHO, M. B.; SOARES, J. P. G. Manejo do Solo em Pastagens Plantadas. In: WADT, P. G. S. (Ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005, p. 459-490.

WADT, P. G. S.; OLIVEIRA, L. C.; OLIVEIRA, T. K. de; CAVALCANTE, L. M. **Sistema de aptidão das terras para recuperação ambiental: uma metodologia de planejamento ambiental**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2004. 36 p. (Embrapa Acre. Documentos, 87).

WADT, P. G. S.; PEREIRA, J. E. S.; GONÇALVES, R. C.; SOUZA, C. B. da C. de; ALVES, L. da S. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2003. 29 p. (Embrapa Acre. Documentos, 90).

Capítulo 2

Plantio Direto na Capoeira: Uma Alternativa com Base no Manejo de Recursos Naturais

Osvaldo Ryohei Kato
Maria do Socorro de Andrade Kato
Cláudio José Reis de Carvalho
Ricardo de Oliveira Figueiredo
Ari Pinheiro Camarão
Tatiana Deane de Abreu Sá

Introdução

Uma das práticas de manejo agrícola mais utilizadas pela agricultura familiar na Amazônia é caracterizada pela agricultura itinerante, também conhecida como agricultura de derruba e queima, que se baseia no cultivo agrícola por um ou dois anos, seguido de um período de pousio para o crescimento da vegetação secundária (capoeira). Portanto, este sistema consiste na rotação de culturas anuais ou bianuais com a vegetação secundária.

Estudos conduzidos na região Bragantina, no nordeste do Estado do Pará, indicam que neste sistema rotacional a produtividade dos cultivos permanecerá relativamente estável, enquanto as taxas de rotação se mantiverem com período de pousio suficientemente longo para permitir que a vegetação secundária expresse sua capacidade, considerando-se a manutenção da diversidade florística, a ciclagem de água e nutrientes (Hölscher et al., 1997a, b; Sommer et al., 2004) e o acúmulo de carbono e nutrientes na sua biomassa (Denich, 1991; Denich et al., 1999; Tippmann, 2000).

A estabilidade na produtividade das culturas comerciais é decorrente do controle de invasoras, da proteção do solo pela rede de raízes da capoeira e da disponibilização aos cultivos dos nutrientes acumulados na biomassa da capoeira, após seu corte (Denich et al., 2004). Contudo, quando o período de pousio decresce, a efetividade desses benefícios também decresce, comprometendo a sustentabilidade da produção agrícola (Metzger, 2000).

Um dos problemas resultantes da diminuição do período de pousio é decorrente das repetidas queimadas da

vegetação secundária após a prática de derrubada. O processo de queima provoca uma contínua perda de nutrientes e aumento da taxa de mineralização da matéria orgânica (Hölscher et al., 1997a, b), o que ocasiona a redução da fertilidade do solo, resultando em sua degradação e conseqüente declínio da produtividade.

A menor produtividade das culturas, aliada à crescente pressão populacional, e conseqüente necessidade de aumento da produção agrícola levam à expansão da área cultivada dentro dos limites dos lotes, contribuindo para diminuir o período de pousio neste sistema rotacional para menos de 10 anos (Metzger et al., 1998). Neste cenário, os impactos ambientais negativos extrapolam a degradação dos solos, causando emissão de gases de efeito estufa para atmosfera, que contribuem para o aquecimento global, aumento dos riscos de incêndios florestais e prejuízos à saúde humana pela menor qualidade do ar (Diaz et al., 2003).

Considerando ainda que a Amazônia possui em torno de 600 mil famílias de agricultores familiares, que produzem 70% dos alimentos básicos da população por meio da agricultura de derruba e queima, a Embrapa Amazônia Oriental, em parceria com a Universidade de Bonn e Universidade de Göttingen, desenvolveu estudos para avaliar o sistema de derruba e queima, propondo alternativas ao uso do fogo e redução do período de pousio.

Neste capítulo, serão relatados os principais resultados científicos obtidos na região de Bragantina, PA, com a avaliação do sistema convencional de derruba e queima da vegetação secundária. Serão destacados seus benefícios para a sustentabilidade agrícola e para o controle integrado da erosão.

Localização da Área de Estudo

As pesquisas para o desenvolvimento do novo sistema rotacional capoeiras–culturas comerciais foram desenvolvidas na região Bragantina, no nordeste do Estado do Pará, onde a colonização é mais antiga.

Nesta região, a precipitação média anual é de 2.500 mm, sendo os meses de maior precipitação março e abril e os de menor setembro a novembro. A temperatura média anual varia de 25,5°C a 26,8°C e a umidade relativa do ar de 80% a 89%. Na região predominam solos da subordem Argissolo Amarelo. Normalmente, são solos distróficos, com boas características físicas, e de baixa fertilidade natural (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios de pH, teores de N_{total} , $N_{mineral}$, P, K, Ca, Mg, Al, C e relação C/N em solos com cobertura vegetal de capoeiras de 4 e 10 anos em quatro profundidades. Igarapé-Açu, 1998.

Profundidade cm	pH	N_{total} %	N_{min} ---	P mg kg ⁻¹ ---	K ---	Ca ---	Mg ---	Al ---	C %	C/N
-----Capoeira de 4 anos-----										
0 - 10	5,2	0,07	53	3,0	15	0,8	0,4	0,2	1,07	15,3
10 - 20	5,1	0,04	52	1,5	9	0,4	0,2	0,4	0,58	14,5
20 - 30	5,2	0,04	53	1,1	8	0,3	0,2	0,4	0,59	14,7
30 - 50	5,3	0,03	48	0,1	7	0,3	0,2	0,4	0,51	17,0
-----Capoeira de 10 anos-----										
0 - 10	5,1	0,07	83	2	21	0,7	0,4	0,2	0,99	14,2
10 - 20	5,1	0,06	-	1	16	0,7	0,2	0,4	0,81	13,4
20 - 30	5,2	0,05	-	0,1	10	0,3	0,2	0,5	0,72	13,1
30 - 50	5,1	0,04	-	0,1	7	0,3	0,2	0,6	0,58	14,5

Fonte: Kato, 1998.

Caracterização da Vegetação Secundária do Nordeste Paraense

Os estudos realizados principalmente nas últimas décadas vêm comprovando a importância do papel da capoeira nos aspectos ambientais e socioeconômicos enquanto componente do sistema rotacional de uso da terra adotado pela grande parte dos agricultores da Amazônia (Hedden-Dunkhorst et al., 2003).

A manutenção da capoeira no sistema rotacional proporciona acumulação de nutrientes (Denich, 1991; Nye e Greenland, 1960), reciclagem e recuperação de nutrientes de camadas profundas do solo (Sommer, 2000), controle da erosão (Hoang Fagerstrom et al., 2002; MacDonald et al., 2002), supressão de plantas invasoras (Rouw, 1995; Gallagher et al., 1999), suprimento de madeira (Sanchez, 1995) e manutenção da biodiversidade (Baar, 1997).

Em estudos realizados na região Bragantina em 92 áreas de capoeiras, com idade variando de 1 a 10 anos, foi verificada a ocorrência de 673 espécies de plantas, das quais 316 eram árvores e arbustos (Baar, 1997), sendo a maioria das espécies relativamente raras, e 20 espécies representando 80% das árvores e arbustos da biomassa da vegetação secundária de aproximadamente 4 anos de idade (Denich, 1991). Esta diversidade florística abriga diferentes grupos de espécies com concentrações semelhantes de nutrientes, havendo grupos que abrangem espécies com concentrações relativamente elevadas de fósforo (P), como por exemplo, *Cecropia palmata* e *Neea macrophylla*, e outro que engloba espécies com tendência a acumular nitrogênio (N),

incluindo, dentre outras, espécies do gênero *Cassia* e *Inga* (Denich, 1991).

A acumulação de biomassa aérea pela vegetação secundária (Tabela 2) é fundamental no sistema de derruba e queima, pois é nela que se acumulam os nutrientes (Tabela 3) que serão posteriormente disponibilizados pelas cinzas para as culturas agrícolas. Chama atenção a baixa quantidade de fósforo acumulado na biomassa da capoeira. Deve-se ainda considerar que a serrapilheira, formada pelas espécies da capoeira (Cattanio, 2002), influencia na disponibilidade de matéria orgânica e na manutenção da mesofauna do solo (Denich, 1991) e igualmente em processos por ela mediados.

As raízes da vegetação secundária também desempenham papel fundamental na ciclagem de nutrientes, pois ao atingirem profundidades que podem chegar a 6 metros, recuperam os nutrientes lixiviados no perfil do solo, ciclando-os para as camadas superficiais (Wickel, 2004; Sommer et al., 2001, Sommer, 2000).

Tabela 2. Biomassa aérea seca (Mg ha^{-1}) da vegetação secundária do nordeste paraense de diferentes idades.

Compartimento	Idade da capoeira			
	1 ano	4-5 anos	7 anos	10 anos
Madeira	1-3	9-25	29-61	58-68
Folhas	< 1-2	3-5	4-6	6-9
Serrapilheira	3-6	6-8	8-11	12-17
Ervas e gramíneas	< 1-4	1-1	< 1	< 1-1
Total	8-12	19-38	42-77	78-94

Fonte: Denich et al., 2004.

Tabela 3. Macro e micronutrientes acumulados na biomassa de vegetação secundária de 4-5 anos.

Compartimento	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Cu
	-----kg ha ⁻¹ -----								
Folha	56-83	2,2-3,0	1,9-36	27-34	10-15	14	0,3-07	0,1	0,1
Madeira	39-102	1,9-5,1	32-65	43-92	11-18	16	0,4-1,2	0,2-0,4	0,1-0,4
Serrapilheira	62-106	1,6-2,4	8-11	30-102	6-13	10	0,6-1,5	0,1-0,3	0,1-0,2

Fonte: Denich et al., 2004, adaptada de Denich (1991) e Sommer (2000).

O Sistema de Derruba e Queima na Região Bragantina, Pará

O sistema de cultivo itinerante caracteriza-se, em geral, por envolver 1 a 2 anos de cultivo com culturas anuais (milho, arroz, caupi ou mandioca) em rotação com 3 a 7 anos de pousio, crescendo neste período a capoeira. A sustentabilidade deste sistema depende do período de pousio ser suficiente para o acúmulo de biomassa e nutrientes que serão utilizados na fase de cultivo agrícola (Kanashiro; Denich, 1998). O preparo da área para o plantio consiste na derruba manual da vegetação secundária e queima durante o período de seca. Os benefícios imediatos (de curto prazo) são a melhoria da fertilidade natural e diminuição da acidez do solo pela adição das cinzas, a supressão de plantas invasoras e redução dos inóculos de pragas e doenças (Nye e Greenland, 1960; Juo e Lal, 1977; Juo e Manu, 1996).

A desvantagem do processo de queima é a possibilidade de haver perdas de até 96% de nitrogênio, 76% de enxofre, 47% de fósforo, 48% de potássio, 35% de

cálcio e 40% de magnésio, conforme os dados de Mackensen et al. (1996) avaliando a perda de nutrientes em capoeira de 7 anos de idade submetida à queima.

A intensificação do sistema itinerante de derruba e queima, com a redução do período de pousio, e longos períodos de cultivo com espécies semipermanentes, como o maracujá e a pimenta-do-reino, com repetidas capinas, aração e gradagem, eliminam as raízes da vegetação secundária, reduzem a capacidade de regeneração desta e aumentam a incidência de ervas e gramíneas (Denich, 1991; Clausing, 1997; Jacobi, 1997; Nunez, 1995).

Após a queima e até o estabelecimento da nova cultura, a exposição do solo à ação direta das chuvas e a permanência das cinzas sobre o solo descoberto são provavelmente os principais fatores relacionados à degradação do solo, além daqueles já citados. Neste sentido, um manejo alternativo para as capoeiras deve considerar a possibilidade da manutenção da cobertura do solo e a diminuição do revolvimento deste por processos mecânicos (aração e gradagem).

Em geral, a conversão do ecossistema natural para sistema manejado induz a uma substancial redução nos teores de matéria orgânica do solo. Essa redução é resultado das estratégias de manejo do solo adotado pelo agricultor, especialmente pela remoção dos resíduos orgânicos e distúrbios no solo que refletem negativamente na produtividade das culturas (Ayanaba et al., 1976; Lugo e Brown, 1993). A deterioração das propriedades do solo pelas práticas agrícolas nos trópicos é causada, em geral, pela acelerada redução no conteúdo de matéria orgânica do solo (Tiessen et al., 1994; Shang

e Tiessen, 2000; McDonald et al., 2002) o qual favorece a redução do conteúdo dos nutrientes, da capacidade de troca de cátions, da estabilidade de agregados e da aeração do solo. Para manutenção da produtividade no sistema de derruba e queima, a matéria orgânica que é perdida durante o período de cultivo deve ser repostada na fase de pousio (Denich et al., 2004), por isso, é requerido um tempo mínimo nesta fase para reposição dessas perdas.

Alternativas ao Uso do Fogo e Redução do Período de Pousio no Sistema de Derruba e Queima

Grandes esforços têm sido feitos para modernizar o tradicional sistema de cultivo de derruba e queima, concentrados principalmente no restabelecimento da fertilidade do solo, na supressão de plantas invasoras, na melhoria de acumulação de biomassa e nutrientes em pousios mais curtos, bem como no aumento do valor econômico da vegetação secundária (Denich et al., 2004).

A avaliação das limitações atuais do sistema de derruba e queima adotado na agricultura familiar do nordeste do Pará pelo Projeto Shift Capoeira – Programa de cooperação técnica entre a Embrapa Amazônia Oriental e as Universidades de Bonn e Göttingen da Alemanha no âmbito do Programa Shift (Studies on Human Impact on Forests and Floodplains in the Tropics) (Kanashiro e Denich, 1998) – apontou a necessidade de intervenção em dois momentos do ciclo do sistema: a) na fase de cultivo, substituindo o fogo no preparo de área pela trituração da vegetação para evitar as perdas de nutrientes pela queima da vegetação e cultivo em sistema de plantio direto (Kato et al., 1999; Kato, 1998);

e b) na fase de pousio, introduzindo a prática da capoeira melhorada com árvores de rápido crescimento para acelerar a acumulação de biomassa e nutrientes de forma a possibilitar a redução do tempo de pousio (Brienza Junior, 1999).

Sistema Alternativo de Corte e Trituração

A substituição do uso do fogo por outro sistema sem o uso deste pode mitigar o balanço negativo do sistema de derruba e queima (Tabela 4) (Sommer, 2000; Holscher et al., 1997). Desta forma a vegetação secundária não queimada serve de fonte de material orgânico para o solo, promovendo melhoras em suas propriedades químicas, físicas e biológicas. O preparo de área sem o uso do fogo pode ser realizado manualmente ou com uso de ensiladeira de forragens, demandando, entretanto, grande quantidade de mão-de-obra (Denich et al., 2004).

A alternativa é a utilização de um triturador de capoeira motomecanizado (ou adaptado de trituradores de galhadas) que realize a derruba da vegetação, trituração da biomassa e distribuição sobre o terreno na forma de cobertura morta (*mulch*) em uma única operação (Block, 2004).

Neste processo, a trituração da biomassa aérea da vegetação secundária deve ser realizada a uma altura de 5-10 cm, de forma a manter os tocos e as raízes da vegetação secundária e assim garantir a regeneração da capoeira. Após a trituração, o material deve ser distribuído sobre o solo na forma de cobertura morta e o plantio deverá ser realizado na forma de plantio direto (Kato et al., 2004a).

No sistema sem queima, a disponibilização de nutrientes será dependente do processo de decomposição da biomassa da capoeira triturada. Por isso, no primeiro momento após a trituração, os microorganismos responsáveis pelo processo de decomposição imobilizam os nutrientes (Cattanio, 2002), sendo necessário adicionar fertilizantes para obter uma boa produção (Kato et al., 1999). Entretanto, como principal benefício tem-se a menor disponibilidade de nutrientes perdidos por erosão, além de se manter o solo coberto evitando o contato direto das gotas de chuva e, ainda, aumentar a rugosidade do solo, diminuindo, portanto, o escoamento superficial. A adubação complementar pode compensar o efeito negativo devido à imobilização dos nutrientes na fase inicial do cultivo agrícola (Tabela 5). E em médio prazo, a produtividade mesmo sem o uso da adubação complementar pode atingir os níveis conseguidos no primeiro ano de queima, proporcionando maior estabilidade de produção ao longo dos anos (Kato et al., 1999).

Normalmente, nitrogênio, fósforo e potássio são os nutrientes que mais limitam a produção em áreas preparadas com corte e trituração (Bünemmam, 1998), sendo, dentre estes, o fósforo o mais limitante, pela baixa disponibilidade desse elemento no solo e na biomassa da capoeira (Tabela 3). Portanto, o aumento da produtividade é proporcional ao aumento da adubação fosfatada (Fig. 1) (Bünemman, 1998; Kato et al., 2000). Uma alternativa é a utilização de genótipos de plantas cultivadas adaptadas a solos ácidos e com baixo nível de fósforo (Kato et al., 2002; Vasconcelos; Vielhauer, 1999).

O sistema de corte e trituração tem sido também testado para o cultivo de maracujá. Nesta cultura a produção de frutos nas áreas preparadas pelo método tradicional de derruba e queima apresentou pior desempenho que o sistema de corte e trituração, o qual foi semelhante à área com aração e gradagem. No sistema de pastagens (*Brachiaria brizantha* associada à *Brachiaria humidicola*), também o sistema de corte e trituração proporcionou maior oferta de forragem, além de ser observada menor incidência de plantas espontâneas (Camarão et al., 2002).

Capoeira Melhorada

A outra técnica associada ao sistema de corte e trituração é a melhoria de capoeira com o objetivo de reduzir o período de pousio de 4-10 anos para 2 anos (Denich et al., 2004; Brienza Junior, 1999; Silva Junior et al., 1998). Isso ocorre pela introdução de árvores de rápido crescimento na capoeira, de forma a acelerar o acúmulo de biomassa e nutrientes. As espécies de árvores leguminosas selecionadas até o momento são: *Acacia angustissima*, *Acacia auriculiformes*, *Racosperma mangium*, *Clitoria racemosa*, *Inga edulis* e *Sclerolobium paniculatum*.

Em geral, no sistema de derruba e queima o último cultivo é a mandioca, e posteriormente a área entra em pousio. A introdução de árvores de rápido crescimento é realizada ainda na fase de cultivo da mandioca. Elas se beneficiam dos tratos culturais que a mandioca recebe em seu cultivo e, posteriormente, após a colheita dos tubérculos não mais recebem nenhum trato cultural específico, passando a crescer juntamente com a

vegetação natural em regeneração. Essa técnica possibilita, em 21 meses, aumentar a produção de biomassa aérea de 13% para 132%, em comparação com áreas de regeneração natural de capoeira no mesmo período.

Tabela 4. Balanço de nutrientes nos sistemas de derruba e queima e corte e trituração*.

Preparo de área (Fontes de ganhos e perdas de nutrientes)	N	P	K	Ca	Mg	S
Derruba e queima	------(kg ha ⁻¹)-----					
Deposição atmosférica	26*	4	12	30	15	22
Adubação	70	48	66	31	-	-
Perdas pela queima	-246	-8	-58	-151	-29	-35
Perdas por lixiviação	-16	-1	-11	-48	-9	-5
Perdas pela colheita	-127	-22	-78	-16	-14	-7
Balanço	-293	21	-69	-154	-37	-25
Corte e trituração						
Deposição atmosférica	26**	4	12	30	15	22
Adubação	70	48	66	31	-	-
Perdas por lixiviação	-10	-1	-3	-25	-6	-13
Perdas pela colheita	-112	-22	-83	-14	-12	-7
Balanço	-26	29	-8	22	-3	2
Ganhos (corte e trituração)	267	8	61	176	34	27

*Pousio de 3,5 anos e período de cultivo de 2 anos.

**Inclusive fixação biológica de nitrogênio.

Fonte: Denich, 2004.

Tabela 5. Produção (Mg ha^{-1}) de arroz, caupi e raízes frescas de mandioca no sistema de corte e trituração.

Preparo de área	Arroz			Caupi			Mandioca		
	1995/ 1996	1997/ 1998	2002/ 2003	1995/ 1996	1997/ 1998	2002/ 2003	1995/ 1996	1997/ 1998	2002/ 2003
VS 4 anos									
Queima + NPK	2,7	2,7	2,9	1,6	1,6	1,4	30,2	24,6	33,8
Cobertura + NPK	2,5	3,2	3,2	1,5	2,0	1,5	28,8	26,0	28,4
Queima	1,5	1,4	1,9	0,3	0,3	0,5	16,3	11,3	15,1
Cobertura	0,9	1,5	1,4	0,2	0,6	0,3	17,7	17,4	15,5
VS 10 anos									
Queima + NPK	3,0	3,9	3,5	1,5	2,0	1,5	30,0	29,0	36,5
Cobertura + NPK	2,3	3,6	3,6	1,5	2,3	1,8	26,8	23,8	34,3
Queima	1,2	1,4	1,6	0,3	0,3	0,2	15,5	10,2	14,5
Cobertura	0,5	1,7	0,8	0,0	0,2	0,2	12,7	13,5	14,0

Em que: VS = vegetação secundária.

Fonte: Kato et al., 2004.

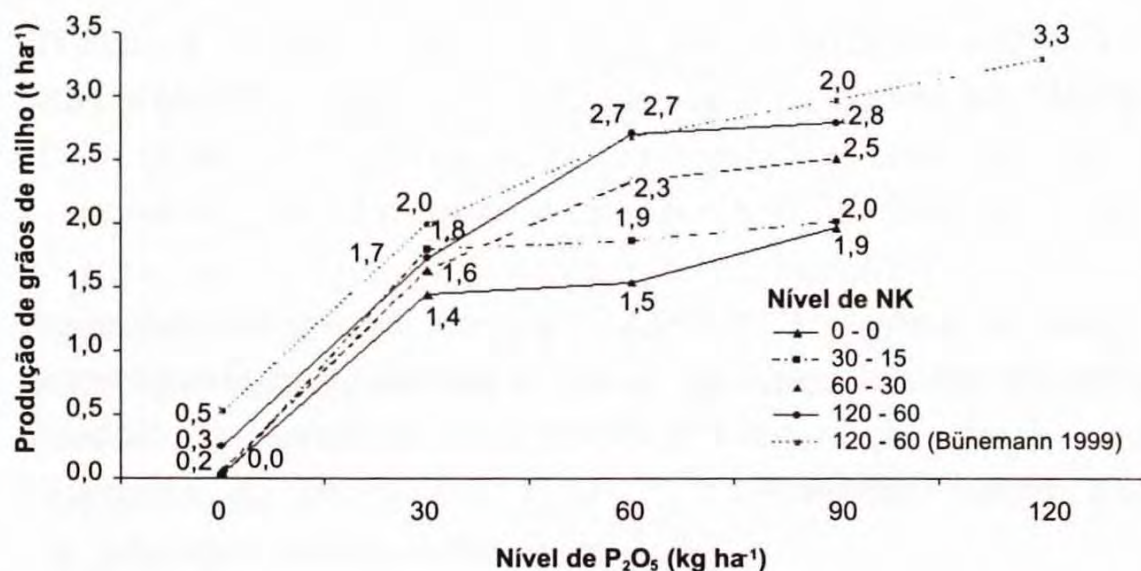


Fig. 1. Produção de grãos de milhos (Mg ha^{-1}) em função da aplicação de níveis crescentes de fósforo em áreas preparadas com corte e trituração.

Considerando a importância da manutenção da biodiversidade da vegetação natural, o plantio das árvores de rápido crescimento deve respeitar um espaçamento mínimo de 2 x 2 m a fim de não comprometer a regeneração das espécies da capoeira natural (Wetzel et al., 2000, citado por Vielhauer; Sá, 1999).

A técnica de melhoria de capoeira é fortemente associada ao preparo da área sem o uso do fogo. A habilidade das árvores de rápido crescimento em absorver nutrientes do solo, inclusive em profundidade, e a grande conversão em biomassa poderão acelerar o processo de degradação caso o fogo venha a ser utilizado no preparo de área, acarretando as maiores perdas de nutrientes durante a queima dessa vegetação (Kato et al., 2004; Vielhauer; Sá, 1999).

Árvores de rápido crescimento também podem ser utilizadas na recuperação de pastagens abandonadas ou degradadas e conversão dessas áreas para uso na produção agrícola (Fernandes et al., 1998). Nesse caso é recomendado utilizar espaçamentos de 1 x 1 m de forma a adensar o plantio para suprimir as gramíneas.

Como o fósforo é o elemento mais limitante ao desenvolvimento de culturas neste sistema, atenção especial está sendo dada para a introdução de espécies ciclodoras desse nutriente.

Aspectos Promissores do Sistema Alternativo sem o Uso do Fogo

Intensificação do Sistema de Produção

A tecnologia de corte e trituração permite realizar dois ciclos de cultivo seguidos, ao passo que, no sistema tradicional de derruba e queima, só se consegue boa produção com um ciclo de cultivo (1 a 2 anos). Essa produção só é possível devido à liberação lenta dos nutrientes retidos na biomassa aérea triturada e distribuídos na forma de cobertura morta do solo (Kato et al., 1999; Kato, 1998). Essa intensificação pode ser expressa utilizando-se o fator de uso da terra proposto por Ruthenberg (1980) por meio da equação ($R = [C \cdot 100] / [C + F]$), em que C representa o número de anos de cultivo e F o número de anos de pousio. Os fatores de uso da terra então propostos são:

Sistema tradicional de derruba e queima: $R = 0,27$.

Sistema de corte e trituração com cultivo estendido:
 $R = 0,43$.

Ainda considerando a possibilidade da redução do período de pousio por meio da melhoria da capoeira, o fator de intensificação do uso da terra ficaria, então:

Sistema de corte e trituração com cultivo estendido + capoeira melhorada: $R = 0,60$.

Mudança do Calendário Agrícola

Tradicionalmente o preparo da área para plantio é dependente do período seco para secagem do material vegetal derrubado e posterior queima. Como o sistema de corte e trituração não depende desse período seco, a trituração pode ser realizada em qualquer época do ano, além disso, a camada de cobertura morta conserva mais umidade no solo, permitindo a extensão do cultivo até durante a estação seca, mesmo que as culturas empregadas sejam exigentes em água como o arroz ou o milho (Parry; Vielhauer, 2000). Desta forma existe a possibilidade de mudar a época do plantio, e assim obter produções fora da época normal e o produtor conseguir melhores preços no mercado (Kato et al., 2003).

Melhor Balanço de Nutrientes

Com o sistema de corte e trituração evitam-se perdas de nutrientes com a queima da biomassa aérea, contribuindo para um balanço positivo de nutrientes (Tabela 4) (Sommer et al., 2004). Assim, enquanto a agricultura de derrubada, corte e queima reduz a fertilidade dos solos, o sistema de corte e trituração proporciona a recuperação gradual destes solos com adições contínuas de nutrientes e carbono.

Qualidade do Solo

Toda a biomassa aérea da vegetação secundária no sistema de corte e trituração é fonte de matéria orgânica para o sistema. A quantidade dessa biomassa varia de acordo com a idade da vegetação secundária e com a intensidade e sistema de uso da terra, podendo variar

de 8 Mg ha⁻¹ (capoeira de 1 ano) a 90 Mg ha⁻¹ (capoeira de 10 anos) (Denich et al., 2004). Toda essa biomassa é triturada e distribuída no solo como cobertura morta, formando uma camada que varia de acordo com a biomassa da capoeira e plantio direto. Estudos realizados no âmbito do projeto Tipitamba mostram maiores teores de carbono orgânico no solo, principalmente na camada superficial, quando o sistema de corte e trituração foi utilizado no preparo da área (Tabela 6). Durante os meses seguintes o impacto foi atenuado por meio das perdas por volatilização e utilização como substrato pelos microrganismos do solo.

Há também melhoria no estoque de carbono na biomassa microbiana do solo no local de corte e trituração em comparação à área queimada, sendo este efeito mais evidente aproximadamente dois meses após o preparo da área. Observam-se também valores mais elevados de biomassa microbiana nas áreas sob tratamento de trituração no mês de junho, provavelmente pela manutenção de condições mais estáveis de umidade e pela maior quantidade de carbono disponível na superfície.

Tabela 6. Teores de carbono orgânico coletado em três épocas distintas em área de vegetação secundária, queimada e triturada no Município de Igarapé-Açu, Pará.

Tratamento	fev./2002	abr./2003	out./2003
Vegetação secundária	-----g kg ⁻¹ -----		
0-5 cm	16,55 (±2,29)	9,04 (±0,28)	13,14 (±1,81)
5-10 cm	13,44 (±1,56)	7,94 (±0,13)	9,32 (±1,40)
10-20 cm	10,24 (± 0,40)	6,68 (±0,27)	9,08 (±1,26)
20-30 cm	8,81 (±0,16)	17,66 (±1,17)	8,41 (±2,08)
Queimada	Cultivo milho	Cultivo milho + mandioca	Início de pousio
0-5 cm	16,88 (± 2,86)	14,13 (±1,72)	11,00 (±1,35)
5-10 cm	16,83 (± 0,26)	10,74 (±1,70)	8,62 (±0,45)
10-20 cm	12,09 (± 1,01)	7,93 (±0,68)	7,26 (±0,44)
20-30 cm	8,74 (±1,51)	6,72 (±0,14)	17,66 (±1,17)
Triturada	Cultivo milho	Cultivo milho + mandioca	Início de pousio
0-5 cm	23,95 (± 5,59)	17,66 (±1,17)	21,77 (±1,16)
5-10 cm	15,72 (± 0,95)	12,19 (±0,56)	14,17 (±1,85)
10-20 cm	10,80 (± 0,97)	8,56 (±0,57)	10,92 (±1,11)
20-30 cm	8,59 (±0,75)	7,44 (±0,60)	9,74 (±3,57)

Fonte: Carvalho et al. (dados não publicados).

Dinâmica de Água e Nutrientes

Estudos conduzidos na Embrapa Amazônia Oriental apontaram balanço de água e comportamento hidrológico da área triturada semelhantes aos de uma área de capoeira de 4 anos e meio. Os resultados também mostraram uma lixiviação de nutrientes mais elevada em áreas de cultivo de espécies semiperenes, como a pimenta-do-reino e o maracujá, nas quais o sistema radicular das espécies da capoeira é afetado substancialmente (Wickel, 2004). Deve-se destacar também que em áreas submetidas à queima ocorrem perdas adicionais significativas de potássio, cálcio e magnésio para os corpos de água.

Seqüestro de Carbono

No sistema de derruba e queima ocorre uma considerável perda de carbono (C) para a atmosfera, em poucos minutos. De acordo com Hölscher et al. (1997a), durante a queima da vegetação são perdidos 98% do C estocado na biomassa. A contribuição para o seqüestro de C pelos cultivos agrícolas, durante a fase agrícola do sistema, é de 2,1 Mg ha⁻¹ de C pela cultura do milho (4 meses), de 1,6 Mg ha⁻¹ pelo caupi, de 2,6 a 5,6 Mg ha⁻¹ pela mandioca (1 a 1,5 ano), de 2,6 Mg ha⁻¹ pelo maracujá (1 ano) e 5,3 Mg ha⁻¹ pela pimenta-do-reino com 2,5 anos de idade (Denich et al., 1999).

As vegetações secundárias, em pousio, em propriedades agrícolas e em nível de paisagem são capazes de acumular carbono acima (Tabela 7) e abaixo do solo. As capoeiras melhoradas com introdução de leguminosas de rápido crescimento também acumulam carbono (Denich et al., 1999; Brienza Junior, 1999) e as capoeiras melhoradas com *Racosperma mangium* foram aquelas que apresentaram maior seqüestro de carbono.

Tabela 7. Estoque de carbono acima do solo (Mg ha⁻¹ em capoeiras naturais e melhoradas).

Capoeira	Idade da capoeira (meses)	Carbono (Mg ha ⁻¹)
Capoeira natural	30	9,5
Capoeira melhorada		
<i>Acacia auriculiformes</i>	21	18,9
<i>Acacia angustissima</i>	30	13,9
<i>Clitoria fairchildiana</i>	30	10,9
<i>Inga edulis</i>	30	12,3
<i>Racosperma mangium</i>	30	23,6

Fonte: Denich et al., 1999; Brienza Junior, 1999.

A decomposição da biomassa triturada causa imobilização de nutrientes pelos microorganismos envolvidos no processo de decomposição (Cattanio, 2002) devido à elevada relação C/N do material (Kato, 1998). Apesar disso, aos 5 meses a decomposição da biomassa pode liberar em torno de 28% a 50% de biomassa proveniente de capoeira de 4-5 anos (Denich, 1991; Kato, 1998), podendo chegar a 70% aos 10 meses (Bervald, 2005).

A prática da agricultura sem queima, por meio da técnica de corte e trituração, evita perdas de carbono e nutrientes. No entanto, lentamente libera carbono para atmosfera quando comparada à técnica de derruba e queima, contribuindo, em longo prazo, para aumentar a quantidade de matéria orgânica do solo.

Conservação da Biodiversidade

A manutenção do sistema rotacional de capoeiras com culturas comerciais pode favorecer a manutenção da biodiversidade (Baar, 1997), principalmente pelo fato de que a maioria das espécies de vegetação secundária se regenera pela rebrota dos tocos e raízes (Denich, 1991; Nunez, 1995). Os resultados indicam que a diversidade e a estrutura vertical de vegetação secundária em pousio, que antes fora preparada pelo sistema de corte e trituração, são semelhantes à da capoeira não manejada (Rodrigues et al., 2004), embora uma maior densidade de plantio das árvores de rápido crescimento na capoeira melhorada ocasione efeito negativo na regeneração da vegetação secundária natural (Wetzel et al. citado por Vielhauer et al., 1998; Lima e Miranda, 2004).

Conclusão

Enquanto a agricultura de derruba e queima reduz a fertilidade dos solos, o plantio direto na capoeira proporciona a recuperação gradativa da fertilidade com adições contínuas de nutrientes e carbono. A cobertura morta do solo resultante da trituração da vegetação secundária contribui para uma melhor manutenção do conteúdo de água no solo, menores variações da temperatura, redução da erosão, aumento da atividade biológica, melhoria das características físicas do solo e manutenção da biodiversidade. Destaca-se que as raízes das espécies da capoeira são as grandes responsáveis pela recaptura dos nutrientes que lixiviam no perfil do solo, os quais são utilizados em seu crescimento, conferindo sustentabilidade a estes agroecossistemas.

Referências

AYANABA, A.; TUCKWELL, S. B.; JENKISON, D. S. The effects of clearing and cropping on organic reserves and biomass of tropical forest soils. **Soil Biological Biochemistry**, v. 8, p. 519-525. 1976.

BAAR, R. **Vegetations kundliche und ökologische Untersuchungen der Buschbrache in der Feldumlagewirtschaft im ostlichen Amazonasgebiet.** Gottinger Beitrage zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen. 1997. 202 p.

BERVALD, C. M. P. **Tecnologia mecanizada em preparo de área sem queima no nordeste paraense.** 2005. 202 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria, 2005, Santa Maria.

BLOCK, A. **Gottinger mahhacksler tritucap und forstmulcher – nicht brennende flachenvorbereitung am Beispiel der Zona Bragantina, Nord-Ost-Amazonien, Brasilien.** 2004. 171 p. Tese (Doutorado). Universität Göttingen.

BRIENZA JUNIOR, S. **Biomass dynamics of fallow vegetation enriched with leguminous trees in the Eastern Amazon of Brazil.** Gonttinger Beitrage zur Land-und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen, Göttingen, 1999. 134 p. Tese (Doutorado).

BÜNEMANN, E. **Einfluß von Mulch und mineralischem Dunger auf Zea mays und Vigna unguiculata in der Feldumlagewirtschaft Ostamazoniens.** Diplomarbeit Georg-August. Universität Göttingen, 1998.

CAMARÃO, A. P.; RODRIGUES FILHO, J. A.; RISCHKOWSKY, B.; MENDONÇA, C. L. G.; HOHNWALD, S. Disponibilidade de forragem, composição botânica e qualidade da pastagem de capim quicuí-da-amazônia (*Brachiaria humidicola*) sob três condições. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. 1 CD-ROM.

CATTANIO, J. H. **Soil N mineralization dynamics as affected by pure and mixed application of leavy material from leguminous trees used in planted fallow in Brazil.** Georg-August-Universitat, Gottingen. Fakultat für Agrarwissenschaften. 2002. Dissertation. Disponível em: <<http://webdoc.gwdg.de/diss/2002/cattanio/cattamio.pdf>>.

CLAUSING, G. Early regeneration and recolonization of cultivated areas in the shifting cultivation system employed in the eastern Amazon region, Brazil. **Natural Resource Development**, v. 45/46, p. 76-102. 1997.

DENICH, M. **Estudo da importância de uma vegetação secundária nova para o incremento da produtividade do sistema de produção na Amazônia Oriental Brasileira.** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1991. 284 p.

DENICH, M.; VIELHAUER, K.; KATO, M. do S. A.; BLOCK, A.; KATO, O. R.; SÁ, T. D. de A.; LUCKE, W.; VLEK, P. L. G. Mechanized land preparation in Forest-based fallow systems: the experience of Eastern Amazonia. **Agroforestry Systems**, v. 61, p. 91-1006, 2004.

DENICH, M.; KANASHIRO, M.; VLEK, P. L. G. The potential and dynamics of carbon sequestration in traditional and modified fallow systems of the Eastern Amazon region, Brazil. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; STEWART, B. A. (Ed.). **Global climate change and tropical ecosystems**. Boca Raton: CRC, 1999, p. 213-229.

DIAZ, M. del C. V.; NEPSTAD, D.; MENDONÇA, M. J. C.; MOTA, R. S.; ALENCAR, A.; GOMES, J. C.; ORTIZ, R. A. **O preço oculto do fogo na Amazônia: custos econômicos associados ao uso de fogo**. Report of IPAM/IPEA / WHRC, Belém, Pará, Brazil, 43 p. Disponível em: <http://www.ipam.org.br/publica:publica-papers.php>. Acesso em: nov. 2003.

FERNANDES, T.; VIELHAUER, K.; LOPES, M.; FOLSTER, H. Recuperation of a degraded pasture to return to the traditional shifting cultivation system. In: SHIFT-WORKSHOP, 3., 1998, Manaus. **Proceedings**. Bonn: BMBF, 1998, p. 119-124.

FERREIRA, M. do S. G.; OLIVEIRA, L. C. **Potencial produtivo e implicações para o manejo de capoeiras em áreas de agricultura tradicional no Nordeste paraense**. Belém: Embrapa-CPATU, 2001. 6 p. (Embrapa-CPATU. Comunicado Técnico, 56).

GALLAGHER, R. S.; FERNANDES, E. C. M.; McCALLIE, E. L. Weed management through short-term improved fallows in tropical agroecosystems. **Agroforest Systems**, v. 47, p. 197-221, 1999.

HEDDEN-DUNKHORST, B.; DENICH, M.; VIELHAUER, K.; MENDONZA-ESCALANTE, A.; BORNER, J.; HURTIENNE, T.; SOUZA FILHO, F. R. de; SÁ, T. D. de A.; COSTA, F. de A. Forest-based fallow systems: a safety net for smallholders in the Eastern Amazon? In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL RURAL, 2003, Bonn. **Livelihoods Forests and Biodiversity**. Bogor: CIFOR, 2003. Disponível em: <http://66.102.1.104/scholar?hl=pt-R&lr=&q=cache:9KdKat2QtjAJ:www.zef.de/research_activities/shift/download/CIFOR_Conference_Bonn_Hedden-Dunkhorst.pdf+Forest-based+fallow+systems>. Acesso em: 16 jul. 2007.

HOANG FAGERSTROM, M. H.; NILSSON, S. I.; VAN NOORDWIJK, M.; THAI PHIEN, O. M.; HANSSON, A.; SVENSSON, C. Does Tephrosia candida as fallow species, hedgerow or mulch improve nutrient cycling and prevent nutrient losses by erosion on slopes in northern Vietnam? **Agricultural Ecosystems and Environment**, v. 90, p. 291-304, 2002.

HOLSCHER, D.; LUDWIG, B.; MÖLLER, M. R. F.; FOLSTER, H. Dynamic of soil chemical parameters in shifting agriculture in the Eastern Amazon. **Agricultural Ecosystems and Environment**, v. 66, p. 153-163, 1997a.

HOLSCHER, D.; MOLLER, M. R. F.; DENICH, M.; FOLSTER, H. Nutrient input-output budget of shifting cultivation in Eastern Amazonia. **Nutrient Cycl Agroecosyst**, v. 47, p. 49-57, 1997b.

JACOBI, I. **Der Beitrag von Keimlingen zur Regeneration der brachevegetation im ostlichen Amazonasgebiet**. 1997. 148 f. Thesis. University of Hamburg, Germany, 1997.

JUO, A. S. R.; MANU, A. Chemical dynamics in slash-and-burn agriculture. **Agricultural Ecosystems and Environment**, v. 58, p. 49-60, 1966.

JUO, A. S. R.; LAL, R. L. The effect of fallow and continuous cultivation on the chemical and physical properties of an Alfisol in western Nigeria. **Plant and Soil** v. 47, p. 567-584, 1977.

KANASHIRO, M.; DENICH, M. **Possibilidades de utilização e manejo adequado de áreas alteradas e abandonadas na Amazônia brasileira**. Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia; CNPq, 1998. 157 p.

KATO, M. S. A.; KATO, O. R.; SECCO, N. B. Intensificando o cultivo em sistemas agroflorestais sucessionais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba. **SAFs: desenvolvimento com proteção ambiental**. Curitiba: Embrapa Florestas, 2004. 1 CD-ROM. p. 111-113. (Embrapa Florestas. Documentos, 98).

KATO, O. R.; KATO, M. S. A.; SÁ, T. D. de A.; FIGUEIREDO, R. Plantio direto na capoeira. **Ciência e Ambiente**, v. 29, p. 99-111, 2004a.

KATO, O. R.; KATO, M. S. A.; VIELHAUER, K.; BLOCK, A.; JESUS, C. C. de. **Cultivo do milho em sistema de corte e trituração da capoeira na região nordeste do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 18 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 19).

KATO, M. S. A.; KATO, O. R.; JESUS, C. C. de; RENDEIRO, A. C. L. **Genótipo de milho para plantio em sistema de corte e trituração**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 4 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 65).

KATO, O. R.; KATO, M. S. A.; DENICH, M.; VLEK, P. L. G. Phosphorus availability in slash-mulch system in Eastern Amazonia. In: GERMAN-BRAZILIAN WORKSHOP ON NEOTROPICAL ECOSYSTEMS- ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS OF COOPERATIVE RESEARCH, 2000. Hamburg. **Abstracts**. Hamburg, 2000. p. 261.

KATO, M. S. A.; KATO, O. R.; DENICH, M.; VLEK, P. L. G. Fire-free alternatives to slash-and-burn for shifting cultivation in the eastern Amazon region: The role of fertilizers. **Field Crop Research**, v. 62, p. 225-237, 1999.

KATO, O. R. **Fire-free land preparation as an alternative to slash-and-burn agriculture in the Bragantina region: crop performance and nitrogen dynamics**. Göttingen: Cuvillier, 1998. 132 p.

KATO, M. S. A. **Fire-free land preparation as an alternative to slash-and-burn agricultura in the Bragantina region: crop performance and Phosphorus dynamics**. Göttingen. Cuvillier, 1998. 144 p.

LIMA, T. T. S.; MIRANDA, I. de S. Dinâmica da regeneração natural de capoeiras oriundas de diferentes sistemas agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba. **SAFs: desenvolvimento com proteção ambiental**. Curitiba: Embrapa Florestas, 2004. 1 CD-ROM. p. 425-427. (Embrapa Florestas. Documentos, 98).

LUGO, A. E.; BROWN, S. Management of tropical soils as sinks of atmospheric carbon. **Plant and soil**, v. 149, p. 27-41, 1993.

MACKENSEN, J.; HOLSCHER, D.; KLINGE, R.; FOLTER, H. Nutrient transfer to the atmosphere by burning of debris in eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 86, p. 121-128, 1996.

McDONALD, M. A.; HEALEY, J. R.; STEVENS, P. A. The effects of secondary forest clearance and subsequent land-use on erosion losses and soil properties in the Blue Mountains of Jamaica. **Agricultural Ecosystems and Environment**, v. 92, p. 1-19, 2002.

METZGER, J. P. M. Dinâmica e equilíbrio da paisagem em áreas de agricultura de corte-e-queima em pousio curto e longo na região da Bragantina. In: SEMINÁRIO SOBRE MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZONIA ORIENTAL, 1999, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. p. 47-50. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 69).

METZGER, J. P.; DENICH, M.; VIELHAUER, K.; KANASHIRO, M. Fallow periods and landscape structure in areas of slash-and-burn agriculture (NE Brazilian Amazon). In: SHIFT-WORKSHOP, 3., 1998, Manaus. **Proceedings...** Bonn: BMBF, 1998. p. 95-100.

NYE, P. H.; GREENLAND, D. J. **The soil under shifting cultivation**. Harpenden: Commonwealth Bureau of soils, 1960. 156 p. (Technical Communication, 51).

NUNEZ, J. B. H. **Fitomassa e estoque de bioelementos das diversas fases da vegetação secundária, provenientes de diferentes sistemas de uso da terra no nordeste paraense, Brasil.** 1995. 184 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Pará, Belém, 1995.

PARRY, M. M.; VIELAHAUER, K. Produção de milho em diferentes épocas de cultivo e adubação, em áreas preparadas com cobertura morta. In: SEMINÁRIO SOBRE MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZÔNIA ORIENTAL, 1999, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. p. 125-127. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 69).

RODRIGUES, M. A. C. de M.; MIRANDA, I. de S.; KATO, M. S. A. Estrutura de florestas secundárias originadas após o uso de diferentes trituradores florestais em sistemas agroflorestais seqüenciais no nordeste paraense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba. **SAFs: desenvolvimento com proteção ambiental.** Curitiba: Embrapa Florestas, 2004. 1 CD-ROM. p. 452-454. (Embrapa Florestas. Documentos, 98).

ROUW, A. de. The fallow period as a weed-break in shifting cultivation (tropical wet Forests). **Agricultural Ecosystems and Environment**, v. 54, p. 31-43, 1995.

RUTHENBERG, H. **Farming systems in the tropics.** 3. ed. Oxford: Clarendon Press, 1980.

SANCHES, P. Science in agroforestry. **Agroforest Systems an International Journal**, v. 30, p. 5-55, 1995.

SHANG, C.; TIESSEN, H. Carbon turnover and carbon-13 natural abundance in organo-mineral fractions of a tropical dry forest soil under cultivation. **Soil Science Society An Journal**, v. 64, p. 2149-2155, 2000.

SILVA JUNIOR, M. L.; VIELHAUER, K.; DENICH, M.; VELK, P. L. G. Can tree enrichment of secondary vegetation and fire-free land preparation by cutting, chopping and mulching improve the following crops? In: SHIFT-WORKSHOP, 3., 1998, Manaus. **Proceedings...** Bonn: BMBF, 1998. p. 113-118.

SOMMER, R.; VLEK, P. L. G.; SÁ, T. D. de A.; COELHO, R. F. R.; FOLSTER, H. Nutrient balance of shifting cultivation by burning or mulching in the Eastern Amazon – evidence for sub-soil nutrient accumulation. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 68, p. 257-271, 2004.

SOMMER, R.; SÁ, T. D. de A.; VIELHAUER, K.; VLEK, P. L. G.; FOLSTER, H. Water and nutrient balance under slash-and-burn agriculture in the Eastern Amazon, Brazil – The role of a deep rooting fallow vegetation. In: INTERNATIONAL PLANT NUTRITION COLLOQUIUM 'FOOD SECURITY AND SUSTAINABILITY OF AGRO-ECOSYSTEMS, 14, 2001. **Proceedings...**[s.l.:s.n.], 2001. p. 1014-1015.

SOMMER, R. **Water and nutrient balance in deep soils under shifting cultivation with and without burning in the Eastern Amazon**. Göttingen: Cuvillier, 2000. 240 p.

TIESSEN, H.; CUEVAS, E.; CHACON, P. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. **Nature**, v. 371, p. 783-785, 1994.

TIPPMANN, R. **Assessment of carbon sequestration in landscape under the clean development mechanism of the Kyoto Protocol**. 2000. Thesis (Mestrado in Geography) University of Bonn, Germany, 2000.

VASCONCELOS, S.; VIELHAUER, K. Seleção de genótipos de milho tolerantes à deficiência de P para agricultura familiar no Nordeste Paraense. In: SEMINÁRIO SOBRE AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZÔNIA ORIENTAL, 1999, Belém. **Anais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: CNPq. p. 122-124. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 69).

VIELHAUER, K.; SÁ, T. D. de A. Efeito do enriquecimento de capoeiras com árvores leguminosas de rápido crescimento para a produção agrícola no Nordeste Paraense. In: SEMINÁRIO SOBRE AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZÔNIA ORIENTAL, 1999, Belém. **Anais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: CNPq. p. 27-34. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 69).

VIELHAUER, K.; KANASHIRO, M.; SÁ, T. D. de A.; DENICH, M. Technology development of slash-and-mulch and of fallow enrichment in shifting cultivation systems of the Eastern Amazon. In: SHIFT-WORKSHOP, 3., 1998, Manaus. **Proceedings...** Bonn: BMBF, 1998. p. 49-59.

WICKEL, B. **Water and nutrient dynamics of a humid tropical watershed in Eastern Amazonia**. 2004. 135 f. Thesis (Doctor. Ecology and Development) University of Bonn, Bonn, 2004.

Capítulo 3

Recomendações para a Introdução do Sistema de Plantio Direto em Áreas de Pastagem

Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado
Alberto Carlos de Campos Bernardi
Beáta Eموke Madari

Introdução

A pecuária é o tipo de uso do solo mais comum no Acre (Araújo et al., 2005), sendo habitual constatar solo degradado sob pastagens pela ausência de práticas conservacionistas (ex.: terraceamento em nível), resultando em erosão laminar e em sulcos.

No Estado do Acre, as elevadas precipitações associadas a solos pouco profundos ou com drenagem deficiente são os principais fatores relacionados à erosão.

Os totais pluviométricos variam entre 1.600 (Assis Brasil, AC) e 2.750 mm anuais (Mâncio Lima, AC), portanto apresentando um gradiente positivo no sentido sudeste-noroeste (Araújo et al., 2005). Não há uma estação seca definida, mas os meses menos chuvosos são junho, julho e agosto.

Quanto aos solos, predominam os Cambissolos, Luvisolos, Plintossolos, Argissolos e Vertissolos (Araújo et al., 2005; INSTITUTO, 2005), os quais se caracterizam por apresentarem drenagem deficiente, estando todos associados a elevado risco de erosão hídrica quando descobertos, principalmente entre outubro e março, período em que é comum ocorrerem chuvas com intensidade de até 114 mm dia⁻¹ (EMBRAPA, 1992).

A erosão hídrica é um fenômeno natural e condiciona a formação das paisagens. Entretanto, o solo sob uso agrícola ou pastagem pode agravar a erosão, resultando em séria degradação com impacto ambiental relevante tanto para o meio rural como para o setor urbano.

Muitos profissionais ligados à agropecuária são iludidos pelo famoso “relevo plano” ou “relevo tipo mesa” que consideram não ser submetido a nenhum tipo de erosão. Na região leste do Acre, onde se encontram estas situações de relevo menos movimentado, é alta a suscetibilidade à erosão hídrica com perdas anuais de solo de 25 Mg ha⁻¹ (EMBRAPA, 1992). Assim, os solos acreanos sob agricultura ou pecuária estão sob risco de fortes erosões hídricas, tornando essenciais todas as atividades ou práticas de conservação do solo para o sucesso no empreendimento ou atividade agropecuária, além de serem imprescindíveis para oferecer maior sustentabilidade ao sistema.

A conservação do solo protege-o contra perdas físicas por erosão ou degradação química, ou seja, excessiva perda de fertilidade por meios naturais ou causados pelo homem (Curi et al., 1993). Para isto, o produtor, criador ou profissional ligado à agropecuária implementa uma combinação de procedimentos no campo para impedir a deterioração pela erosão (fenômeno natural) que é aumentada, por exemplo, pelo preparo do solo e plantio no sentido morro abaixo.

A erosão causada pelas chuvas é agravada pelo mau uso do solo, sendo a forma mais grave de degradação dos solos sob agropecuária (Tabela 1).

O solo descoberto é aquele comumente observado após intensa aração e gradagem (Fig. 1). Há ausência de cobertura vegetal ou palha, pois o arado ou grade aradora, nas várias passadas, revolve e destorroa ao extremo o solo que em poucas semanas se encontra praticamente sem nenhum resíduo de planta ou palha.

Sítios ou fazendas com erosão são caminho certo para a baixa produtividade agropecuária, perda de patrimônio e poluição ambiental. A voçoroca é a forma mais espetacular da erosão e a presença dela impede a agricultura ou a pecuária, já que o solo, levado pela forte enxurrada, praticamente inexistente onde está a voçoroca (Fig. 2).

Tabela 1. Causas de degradação (erosão) do solo agravadas pelo homem.

Causa	Descrição
Preparo excessivo do solo	Várias passadas (2-3) com grade aradora resultam em compactação do solo e quando este fica descoberto ocorre o encrostamento
Preparo do solo morro abaixo ou no sentido do declive	Agravante do anterior pois favorece a formação de sulcos de erosão acelerando a degradação do solo e a poluição de rios e lagos
Preparo inadequado do solo	Aração ou gradagens com o solo muito molhado e com consistência muito plástica favorece o encrostamento e a compactação
Estradas rurais	Estradas mal planejadas sem canais escoadouros laterais e vegetados favorecem a formação de voçorocas

Fonte: Adaptada de Paraná, 1994.



Foto: Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado

Fig. 1. Solo descoberto pela gradagem aradora, sem nenhuma cobertura vegetal ou palha, predisposto à erosão*.

*Embora a área seja relativamente plana é possível observar sinais de escoamento de água (cor marrom-clara).

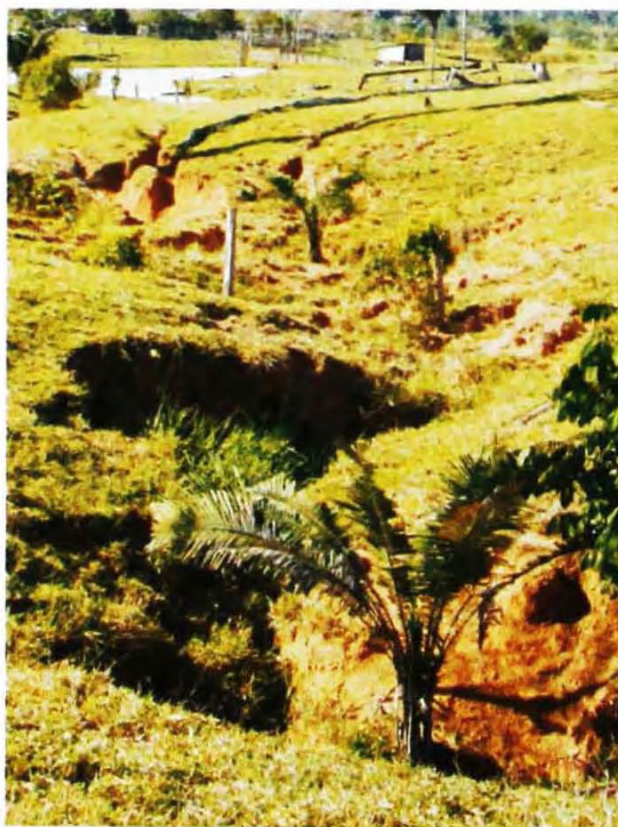


Foto: Paulo Guilherme Salvador Wadt

Fig. 2. Erosão em sulco tipo voçoroca. Acrelândia, AC.

Controle da Erosão

A erosão do solo sob cultivo ou pastagem pode ser reduzida considerando-se os seguintes aspectos, de acordo com Paraná (1994):

- Controle do escoamento superficial visando reduzir os danos da erosão por transporte e evitar a sedimentação nos mananciais.
- Aumento da palhada na superfície do solo, especialmente em épocas chuvosas, para reduzir o impacto da gota de chuva diretamente na superfície do solo causando encrostamento ou selamento superficial. O encrostamento diminui a infiltração de água no solo e resulta na formação de enxurradas que carregam sedimentos, sementes e adubos para os rios e lagos.
- Aumento da infiltração da água no solo visando reduzir o escoamento e promover o maior abastecimento desta em profundidade para as plantas e para o lençol freático.

Para controlar a erosão, considerando-se os três pontos acima, o agricultor ou pecuarista deve implementar práticas conservacionistas que se traduzem nas seguintes ações:

- Controle do escoamento superficial: promovido pelo terraceamento, no qual o terraço é uma estrutura constituída por um dique e um canal de pedra ou pelo próprio solo, no sentido perpendicular ao declive do terreno e espaçados de acordo com o tipo de solo (especialmente textura), declividade e regime de chuvas. O terraceamento somente será eficaz no

controle do escoamento se a semeadura, tratamento fitossanitário, alocação de cercas e colheita forem executados em nível ou em contorno. Além disto, a eficiência do terraceamento está relacionada ao procedimento abaixo.

- Infiltração da água: exatamente neste aspecto é que se destaca o sistema plantio direto (SPD), pois este tipo de manejo controla a erosão por melhor promover o acúmulo de palha na superfície e elevar a infiltração de água no solo. O SPD é a semeadura, na qual a semente é colocada no solo não revolvido (sem prévia aração ou gradagem leve niveladora), usando-se semeadeiras especiais ou adaptadas para realizar o corte da palha da cultura anterior e abrir um pequeno sulco com profundidades e larguras suficientes, garantindo a adequada cobertura e contato da semente com o solo. O SPD envolve ainda, obrigatoriamente para seu sucesso, a rotação de culturas com plantas de cobertura para a formação de palha.

Segundo Machado et al. (2005), o SPD vem motivando muitos agricultores a adotá-lo por oferecer melhor rendimento das lavouras que o sistema convencional (uso de grades aradoras), principalmente quando se tem anos com menos chuvas. Além disto, os agricultores do Sul e do Cerrado brasileiro, por eliminarem as operações de aração e gradagens do solo, constataram economia de até 50% no investimento em combustíveis para a produção e, eliminando-as, podem sempre plantar na época recomendada para a variedade que se deseja.

No Estado do Acre, no início da estação chuvosa (outubro-novembro), também época de plantio de grãos, é comum haver excesso de chuvas. Nestas condições,

o preparo do solo pela aração, seguida de gradagem leve niveladora ou gradagem aradora, pode durar vários dias e atrasar a semeadura.

A adoção do SPD seria uma alternativa bastante bem-vinda para esta situação, pois, como há eliminação de até duas operações de preparo do solo, pode-se semear mais cedo (início de outubro) e fazer ainda um segundo plantio em janeiro-fevereiro sem necessidade de arar ou gradear o solo.

Passo-a-Passo na Adoção do Plantio Direto

Uma das primeiras perguntas que o produtor faz é sobre os benefícios que ele teria ao adotar o Sistema de Plantio Direto. Produtores que já implantaram o SPD destacam os motivos que os levaram a fazê-lo:

- Menor risco e preocupação por não ter que executar aração/gradagem (Salton e Hernani, 1998).
- Nas pequenas propriedades, a diminuição da mão-de-obra foi o maior motivo para a adoção do SPD (Darolt, 1998). No sistema convencional (uso de arado e grades), o número de operações por safra pode chegar a 11, enquanto no SPD pode atingir, no máximo, 4.
- Maior rentabilidade. Em Goiás, numa avaliação do custo operacional de produção de milho verde após cultura do alho, houve um retorno médio de R\$ 2,53 por R\$ 1,00 aplicado no SPD com tração animal (Geraldine et al., 1998).

Para a adoção do SPD, é necessário que o produtor esteja apto a gerenciar a propriedade de forma diferente, o que implica conhecê-la detalhadamente. Machado

et al. (2005) oferecem orientação para se adotar o SPD no Acre. Entretanto, como há um número crescente de pecuaristas cultivando milho como alternativa para recuperar a pastagem, é importante considerar o nível de degradação em que ela se encontra. Nos casos delicados, a visita de um técnico ou produtor experiente em SPD na integração lavoura-pecuária é bastante recomendada. Há situações em que a área da pastagem degradada apresenta erosão laminar em sulcos, encrostamento na superfície que dificulta infiltração da água da chuva, elevada acidez e forte deficiência de fósforo. É importante ter o acompanhamento de um técnico (ex.: engenheiro agrônomo) para avaliar o nível de degradação do solo, vistoriando a área e coletando amostras de solos para análise química (a fim de verificar os teores de nutrientes e elementos tóxicos para as plantas) e física (para avaliar a textura do solo), e orientar no estabelecimento do tamanho do talhão, juntamente com o produtor, para se iniciar o SPD.

Casos extremos de degradação exigem pesado investimento, sendo necessário o nivelamento do terreno onde se encontram os sulcos de erosão, e a calagem com incorporação profunda por meio da aração (mínimo de 30 cm), seguida de gradagem leve niveladora. Não se recomenda utilizar grade aradora ou grade pesada para a incorporação do calcário, pois estes implementos dificilmente atingem profundidades superiores a 13 cm (Mazuchowski; Derpsch, 1984). Havendo muitas touceiras e plantas daninhas arbustivas, recomenda-se utilizar rolo-faca ou roçadeira antes da calagem (Salton; Hernani, 1998).

Após a calagem, se houver alta deficiência de fósforo, deve-se fazer a fosfatagem. O solo deve ser cultivado com uma gramínea com forte enraizamento em profundidade, promovendo a descompactação (melhoria da estrutura do solo) e produzindo massa verde para haver boa palhada (aproximadamente 5 Mg ha⁻¹) (Heckler et al., 1998). A gramínea (ex.: *Brachiaria ruziziensis*) pode ser consorciada com uma cultura anual (ex.: arroz), sendo este procedimento denominado Sistema Barreirão (Oliveira et al., 1996).

Por outro lado, em áreas sob pastagem em início de degradação, ou seja, com pouca infestação ou nenhuma planta daninha, mas com baixa capacidade de suporte animal (ex.: 0,5 cabeça por hectare) e com um encrostamento (compactação) superficial causado pelo pisoteio do gado, a compactação superficial pode ser diminuída e um período entre o final do pastoreio e a dessecação será suficiente para o condicionamento do solo (Döwich, 2002). A descompactação irá ocorrer, inicialmente, pelo disco de corte e o sulcador da plantadeira SPD no sulco de semeadura por ocasião do plantio.

Pode-se introduzir o SPD em talhões maiores (15-20 ha, dependendo da disponibilidade financeira). Em área de pastagem degradada onde se pretende iniciar o SPD, sugere-se, em outubro, plantar o arroz que possui cultivares menos exigentes em fertilidade do solo.

Semeadura SPD em Pastagem Degradada

Segundo Döwich (2002), há necessidade de se adequar a semeadora dependendo da existência de encrostamento superficial no solo e presença de palhada. A semeadora

deve apresentar chassi reforçado e um kit de disco de corte associado com sulcador afastado, ou com sistema de guilhotina ou, ainda, disco de corte e disco duplo desencontrado ou defasado. Isto permitirá a semeadura conforme as seguintes condições:

- a) Solo com encrostamento superficial (compactação até 8 cm de profundidade), pouca palha e baixa fertilidade, especialmente falta de fósforo: neste caso, há necessidade de usar disco de corte e sulcador (facão) afastado, pois permitem ligeira descompactação na linha de semeadura e aplicação de fertilizante (fósforo) em profundidade (8 a 12 cm).
- b) Solo fértil com boa palhada na superfície e sem encrostamento: nesta situação pode ser utilizado o sistema de disco de corte e guilhotina ou disco de corte e disco duplo desencontrado ou defasado, permitindo uma melhor semeadura.

É importante alertar sobre a velocidade de plantio. Para uma perfeita distribuição de sementes e fertilizante, a velocidade deve ser em torno de 5 km h⁻¹.

Controle de Plantas Daninhas na Adoção de SPD em Pastagens Degradadas

Segundo Cobucci et al. (2002), a aplicação de herbicidas, tanto os de manejo (dessecantes) como os pós-emergentes, é primordial. Se a área não apresentar grande quantidade de invasoras (em volume de massa e número de plantas), pode-se realizar a semeadura imediatamente após a dessecação. Caso contrário, deve-se executar a dessecação com herbicida sistêmico, aguardar a secagem das plantas e a emergência de novas plantas daninhas,

realizar a semeadura e, em seguida, antes da emergência da cultura de interesse, dessecar as plantas daninhas com herbicida de contato. Cobucci et al. (2002) e Kluthcouski et al. (2005) apresentam o Sistema Santa Fé, para áreas de pastagem não-degradada onde o produtor pode cultivar grãos por um período (1 ou 2 anos) e retornar à criação de gado na mesma área. O Sistema Santa Fé consiste no cultivo SPD consorciado de culturas anuais (ex.: soja, milho, sorgo) com braquiária. Trata-se de um procedimento mais complexo e que deve ter o acompanhamento inicial de técnico ou produtor experiente no sistema.

Adubação em SPD

No SPD, a ausência do revolvimento do solo e a sua permanente cobertura com plantas ou restos culturais melhoram a sua estrutura. Solo bem estruturado é aquele que permite o enraizamento em profundidade e também lateralmente não havendo impedimento físico. Além disto, há aeração adequada para que as raízes das plantas respirem satisfatoriamente. Esta situação também é observada nas características químicas e biológicas que contribuirão para a melhoria da fertilidade do solo, levando, em muitos casos, a uma mais freqüente, porém menor, utilização de corretivos e fertilizantes.

As recomendações de adubação para SPD apresentam-se bastante avançadas na Região Sul do Brasil (IAPAR, 1996; SOCIEDADE, 2004). Para a região do Cerrado, há alguns trabalhos (Bernardi et al., 2003; Sousa, 2002), mas faltam ainda alguns detalhes, especialmente pela interação entre a decomposição da palhada da planta de cobertura (ex.: braquiária ou milheto) e a disponibi-

lidade de nutrientes (ex.: nitrogênio, fósforo) para as culturas.

Para o bioma Amazônia, apesar dos estudos estarem no início, alguns princípios que norteiam a recomendação de adubação para a Região Sul e Cerrado brasileiro podem ser úteis no Acre.

Amostragem do Solo em SPD

A coleta adequada de amostras de solos para a análise em laboratório participante de programa de controle de qualidade é essencial para o sucesso da adubação e resposta positiva da cultura.

Para uma adequada amostragem do solo em SPD, devem-se considerar a forma de adubação (a lanço ou em linha), o tempo de adoção do SPD (em implantação ou já estabelecido), instrumento de coleta (trado ou pá reta), a profundidade de amostragem e número de amostras simples por amostra composta. A partir das recomendações de amostragem em SPD, Oliveira et al. (2002) sugerem diferentes procedimentos para a amostragem do solo (Tabela 2).

Calagem na Implantação do SPD

Apesar dos benefícios da preservação da estrutura do solo pelo seu não revolvimento, existem algumas recomendações para incorporar corretivos antes de implantar o SPD (SOCIEDADE, 2005; Sousa, 2002). Para a região dos Cerrados, além de se corrigir a acidez da camada superficial do solo, antes de iniciar o SPD

também é recomendada a correção da camada subsuperficial (abaixo de 20 cm) (Sousa, 2002). No entanto, para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, já está sendo recomendado o início de SPD em campo natural com a aplicação de calcário sem a incorporação ao solo.

O cálculo da necessidade de calcário deve ser feito com base na análise de solo e o método recomendado para o Estado do Acre é baseado na saturação por bases combinada com a textura do solo e CTC (Wadt, 2005). As recomendações para a correção mais eficiente do solo em SPD encontram-se na Tabela 3.

Mantendo-se intacta a estrutura do solo na aplicação de calcário em superfície, inicialmente o efeito do corretivo ficará limitado às camadas superficiais. Existe a possibilidade de que o gesso possa compensar esse efeito, melhorando o ambiente em subsuperfície, sem a necessidade de incorporação do calcário. A fórmula sugerida para a recomendação de gesso, segundo Sousa (2002), é: dose (kg ha^{-1}) = 5 x teor argila (g kg^{-1}). A aplicação pode ser feita a lanço sem incorporação depois da calagem (Ribeiro et al., 1999).

Tabela 2. Procedimentos para amostragem do solo em SPD.

Fase	Profundidade de amostragem	Procedimentos
Antes da adoção do SPD		
	0 a 20 cm e 20 a 40 cm	Utilizar pá reta (retirando porção de solo de 5 cm de espessura e 10 cm de largura) ou trado (de 5 cm de diâmetro). Fazer 15 amostras simples para resultar em 1 amostra composta da gleba homogênea
SPD com adubação a lanço		
Até 5 anos	0 a 20 cm	Procedimentos idênticos ao anterior, preferencialmente com pá reta
Após 5 anos	0 a 10 cm	Procedimentos idênticos ao anterior
SPD com adubação em linha		
Até 5 anos	0 a 20 cm	Utilizar pá reta e retirar porção de solo de 5 cm de espessura e largura igual ao espaçamento entrelinhas da cultura anterior. Retirar 20 amostras simples para compor 1 amostra composta da gleba homogênea
Após 5 anos	0 a 10 cm	Procedimentos idênticos ao anterior

Fonte: Adaptada de Oliveira et al., 2002.

Tabela 3. Recomendação de calcário em SPD.

Fase do SPD	Profundidade de amostragem	Recomendação	Observação
Implantação	0 a 20 cm e 20 a 40 cm	Análise química do solo e cálculo da necessidade de calagem pelos métodos convencionais e incorporação do calcário na camada arável (ver fase seguinte)	Independente se a área estava sob vegetação natural, pastagem ou cultivada convencionalmente
Primeiros 5 anos	0 a 20 cm	Análise química do solo e cálculo da necessidade de calagem pelos métodos convencionais. Após o 3° ou 4° ano de implantação a dose pode ser reduzida a $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{4}$ do total. Calcário aplicado em área total sem incorporação	A necessidade de calcário deve considerar a cultura mais sensível à acidez no sistema de rotação
Após 5 anos	0 a 10 cm	Seguir recomendações da fase anterior	-

Fonte: Adaptada de Oliveira et al., 2002.

Recomendação de Fertilizantes em SPD

A seguir são apresentadas algumas recomendações de adubação fertilizante para o SPD no Acre. Porém, devido aos estudos locais ainda estarem em condução, algumas delas foram baseadas em recomendações de adubação para SPD na Região Sul e do Cerrado.

Nitrogênio

Para o cultivo do arroz em plantio direto recomenda-se parcelar aplicando-se, no plantio, 20 kg ha⁻¹ para cultivares suscetíveis à brusone e, na cobertura no início do florescimento (aos 50 dias para cultivares precoces ou 70 dias para cultivares tardias), aplicar 30 kg de N ha⁻¹. A adubação de cobertura pode ser parcelada em duas etapas, aplicando-se a primeira dose (15 kg ha⁻¹) na fase de perfilhamento ativo e a segunda no início do florescimento (Fageria, 1998).

Para o cultivo do milho, recomenda-se parcelar as adubações nitrogenadas aplicando-se de 20 a 30 kg de N ha⁻¹ no plantio. Em cobertura, parcelar em até duas vezes em solos com teor de argila superior a 150 g kg⁻¹ e em até três vezes (quatro a seis, oito e doze folhas) em solos com teor de argila menor que 150 g kg⁻¹. A dose a ser utilizada em cobertura depende da expectativa de produção. Assim, aplicações médias de 100 kg de N ha⁻¹ poderão produzir, aproximadamente, 8 toneladas de grãos de milho por hectare (Sousa, 1998).

Especificamente para a cultura da soja, não se recomenda fazer adubação nitrogenada, pois quando superior a 20 kg de N ha⁻¹ pode inibir, via processo biológico, a fixação desse nutriente para as plantas. Entretanto, devido à existência de formulações de adubos prontas encontradas no comércio, o agricultor pode optar por adquirir uma formulação contendo nitrogênio, desde que não ultrapasse a dose de 20 kg de N ha⁻¹ e que não represente um aumento nos custos (Hungria et al., 1997).

Fósforo e Potássio

As recomendações de adubação fosfatada e potássica para o SPD baseiam-se nas experiências obtidas nos estados do Sul do Brasil (Tabela 4).

Tabela 4. Recomendações de adubação com P e K em SPD.

Fase	Recomendação	Observação
Implantação	Aplicações de P ₂ O ₅ e K ₂ O conforme o sistema convencional	–
Até o 5º ano	Reduzir as doses de P ₂ O ₅ e K ₂ O em 10%	Solos que ainda não tenham atingido os níveis de suficiência e que apresentem boa formação de palhada
Após o 5º ano	Reduzir as doses de P ₂ O ₅ e K ₂ O para as quantidades exportadas pelas culturas (kg t ⁻¹ de P ₂ O ₅ e K ₂ O): Soja: 15,0 e 20,0; Milho: 8,2 e 6,0; Arroz: 5,4 e 2,9; Trigo: 8,0 e 5,3	Solos que ainda tenham níveis de P e K maiores que 1,5 vez o teor crítico e que apresentem estruturação física característica do SPD

Fonte: Adaptada de Wietholter et al., 1998; Sousa, 2002.

Micronutrientes

As faixas de interpretação de resultados de análises de solos e a recomendação de adubação com micronutrientes para solos em SPD foram adaptadas de Galvão et al. (1998) (Tabela 5).

Finalmente, ressalta-se que nenhuma ilusão deve ser criada quanto aos custos serem compensados ou amortizados logo no primeiro ano, ao construir a fertilidade e a estruturação de um solo degradado, especialmente em anos em que a comercialização de grãos ocorre a baixíssimos preços.

Tabela 5. Recomendação de adubação com micronutrientes para solos dos Cerrados.

Faixa de teor	Dose recomendada kg ha ⁻¹	Observações
Baixa	Boro: 2,0 kg ha ⁻¹ Cobre: 2,0 kg ha ⁻¹ Manganês: 6,0 kg ha ⁻¹ Molibdênio: 0,4 kg ha ⁻¹ Zinco: 6,0 kg ha ⁻¹	Doses para aplicação a lanço No sulco de semeadura: dividir em três cultivos sucessivos
Média	Aplicar ¼ das doses anteriores	Aplicar no sulco de plantio
Alta	Não fazer aplicações	—

Fonte: Adaptada de Galvão, 1998.

Referências

ARAÚJO, E. A.; AMARAL, E. F.; WADT, P. G. S.; LANI, J. L. Aspectos gerais dos solos do Acre com ênfase ao manejo sustentável. In: WADT, P. G. S. (Ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005. p. 27-62.

BERNARDI, A. C. C.; MACHADO, P. L. O. A.; FREITAS, P. L.; COELHO, M. R.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P.; OLIVEIRA, R. P.; SANTOS, H. G.; MADARI, B. E.; CARVALHO, M. C. S. **Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto nos Cerrados**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 22 p. (Embrapa Solos. Documentos, 46).

COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Sistema Santa Fé: consórcio de lavoura e forrageira. In: ENCONTRO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 6., 2002. [Anais]. [s.l.]: Clube de Plantio Direto, 2002. p. 31-42.

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KÄMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. 1993. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 90 p.

DAROLT, M. R. **Plantio direto**: pequena propriedade sustentável. Londrina: IAPAR: Londrina, 1998. 255 p.

DÖWICH, I. Integração lavoura-pecuária no oeste baiano. In: ENCONTRO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 6., 2002. [Anais]. [s.l.]: Clube de Plantio Direto, 2002. p. 149-158.

EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre – CPAF/AC**: Edição Especial 15 anos – 1976-1991. Rio Branco: Embrapa CPAF/AC, 1992. 64 p.

FAGERIA, N. K. Manejo da calagem e adubação do arroz. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L. F. (Ed.). **Tecnologia para o arroz de terras altas**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. p. 76-78.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, Dourados, 1997. **Anais**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. 124 p. (EMBRAPA-CPAO, Documentos, 22). p. 76-80.

GERALDINE, D. G.; NUNES, C. L. M.; ALMEIDA, R. A. 1998. Margem bruta: plantio direto – tração animal. **Anais das Escolas de Agronomia e Veterinária**, v. 28, n. 2, p. 1-12.

HECKLER, J. C.; HERNANI, L. C.; PITOL, C. Palha. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. (Org.). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998. p. 37-50 (Coleção 500 Perguntas 500 Respostas).

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; CAMPO, R. J.; GALERANI, P. R. **Adubação nitrogenada na soja?** Londrina: Embrapa-CNPSO, 1997. 4 p. (Embrapa-CNPSO. Comunicado Técnico, 57).

IAPAR. **Amostragem de solo para análise química:** plantio direto e convencional, culturas perenes, várzeas, pastagens e capineiras. Londrina: 1996. 28 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de solos do Brasil.** Escala 1:1.000.000. Rio de Janeiro, 2006.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 570 p.

MACHADO, P. L. O. A.; MADARI, B. E.; BERNARDI, A. C. C. Potencial para o sistema plantio direto no Acre. In: WADT, P. G. S. (Ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre.** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005. p. 352-373.

MAZUCHOWSKI, J. Z.; DERPSCH, R. **Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas.** Curitiba: ACARPA, 1984. 68 p.

OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. **Fertilidade do solo no sistema plantio direto:** tópicos em ciência do solo, Viçosa: [s.n.], 2002. v. 1, p. 393-486.

OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; PORTES, T. A.; SILVA, A. E.; PINHEIRO, B. S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. M.; GUIMARÃES, C. M.; GOMIDE, J. C.; BALBINO, L. C. **Sistema Barreirão:** recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1996. 90 p. (Embrapa-CNPAF. Documentos, 64).

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. **Manual técnico do subprograma de manejo e conservação do solo**. 2. ed.: Curitiba, 1994. 372 p.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo em Minas Gerais, 1999. 359 p.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C. Adoção. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. (Org.). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998. p. 21-35. (Coleção 500 Perguntas 500 Respostas).

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Regional Sul. **Manual de adubação e de calagem para os Estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. Ed. Porto Alegre: Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. 400 p.

SOUSA, D. M. G. Manejo da fertilidade do solo sob cerrado com ênfase em plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 1997, Dourados. **Anais...** Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p. 53-58. (EMBRAPA-CPAO. Documentos, 22).

SOUSA, D. M. G. 2002. Correção do solo e adubação sob sistema plantio direto no Cerrado. In: ENCONTRO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 6., 2002. [Anais]. [s.l.]: Clube de Plantio Direto, 2002. p. 31-42.

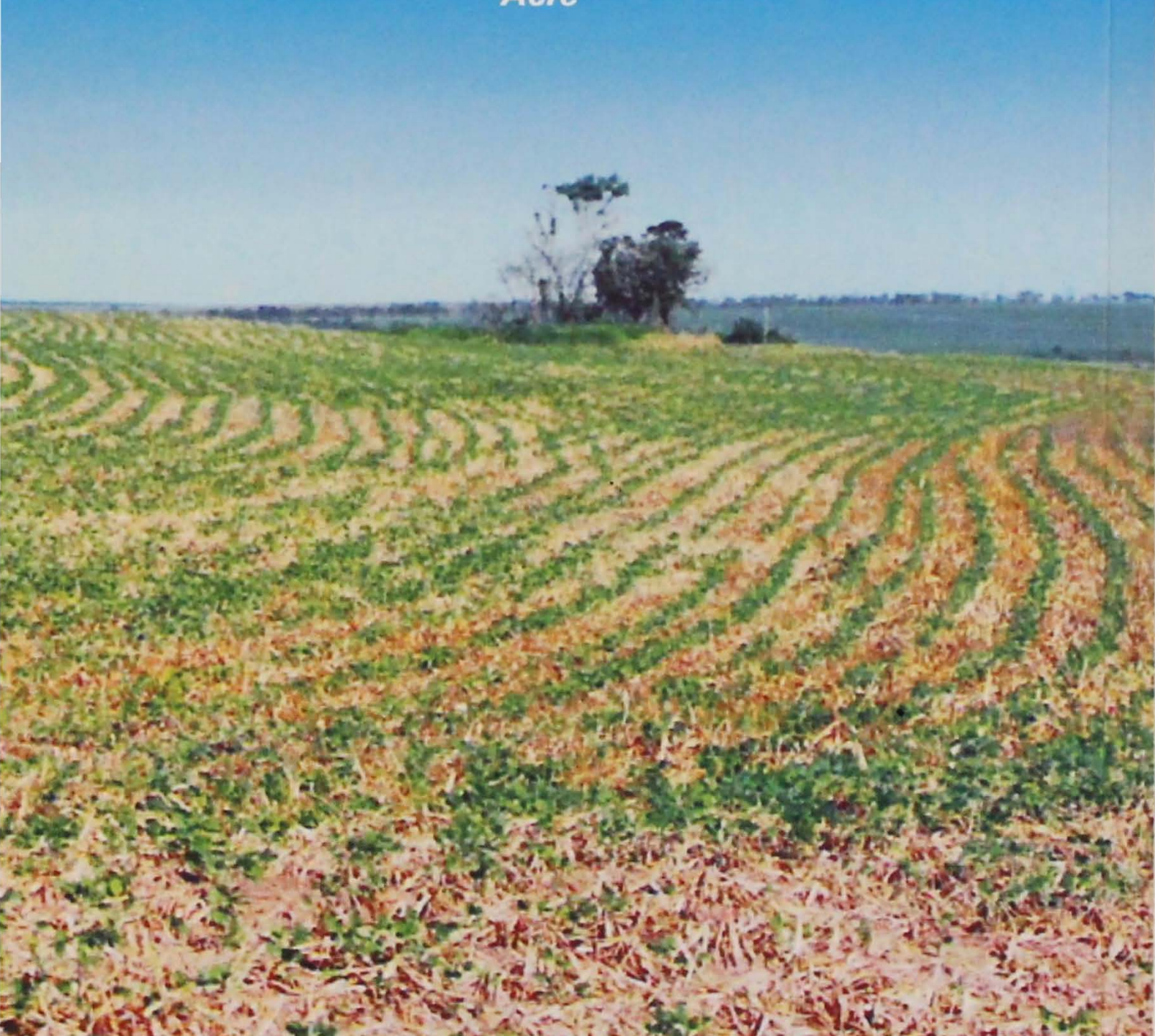
WADT, P. G. S. Recomendações de adubação para as principais culturas. In: WADT, P. G. S. (Ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005. p. 491-635.

WIETHÖLTER, S.; BEM, J. R.; KOCHHANN, R. A.; PÖTTKER, D. Fósforo e potássio no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N. J. (Ed.). **Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p. 27-52.

Impressão e acabamento
Embrapa Informação Tecnológica

Embrapa

Acre



Patrocínio



Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico

**Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**



CGPE 6202